



TUGAS AKHIR TF 145565

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN
TEMPERATURE DALAM PROSES PEMURNIAN
PADA *MINI PLANT* BIODIESEL DI WORKSHOP
INSTRUMENTASI**

**ATIKA DIYANASARI
NRP 2414.031.004**

**Dosen Pembimbing
Ir. Ya'umar, MT
NIP. 19540406 198103 1 003**

**TEKNIK INSTRUMENTASI
DEPARTEMEN TEKNIK INSTRUMENTASI
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017**



TUGAS AKHIR TF 145565

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN
TEMPERATURE DALAM PROSES PEMURNIAN
PADA *MINI PLANT* BIODIESEL DI WORKSHOP
INSTRUMENTASI**

**ATIKA DIYANASARI
NRP 2414.031.004**

**Dosen Pembimbing
Ir. Ya'umar, MT
NIP. 19540406 198103 1 003**

**TEKNIK INSTRUMENTASI
DEPARTEMEN TEKNIK INSTRUMENTASI
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017**



FINAL PROJECT TF 145565

***A DESIGN OF TEMPERATURE CONTROL SYSTEM
IN THE PURIFICATION PROCESS TO BIODIESEL
MINI PLANT IN THE INSTRUMENTATION
WORKSHOP***

**ATIKA DIYANASARI
NRP 2414.031.004**

ADVISOR LECTURER
Ir. Ya'umar, MT
NIP. 19540406 198103 1 003

***ENGINEERING INSTRUMENTATION
DEPARTMENT OF ENGINEERING INSTRUMENTATION
Faculty of Vocation
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2017***

LEMBAR PENGESAHAN

**“RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN
TEMPERATURE DALAM PROSES PEMURNIAN PADA
MINI PLAN BIODIESEL DI WORKSHOP
INSTRUMENTASI”**

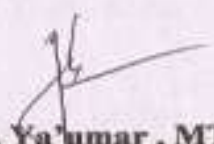
TUGAS AKHIR

Oleh :


Atika Diyanasari
NRP. 2414 031 004

Surabaya, 27 Juli 2017
Menyetujui,

Dosen Pembimbing


Ir. Ya'umar, MT
NIP. 19540406 198103 1 003

Kepala Departemen
Teknik Instrumentasi FV-ITS


Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc
NIPN. 19620822 198803 1 001

LEMBAR PENGESAHAN

“RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN TEMPERATURE DALAM PROSES PEMURNIAN PADA MINI PLAN BIODIESEL DI WORKSHOP INSTRUMENTASI”

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya
Pada
Teknik Instrumentasi
Departemen Teknik Instrumentasi
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Oleh :
ATIKA DIYANASARI
NRP. 2414 031 004**

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Ir. Ya'umar, MT (Pembimbing)
2. Ir. Tutug Dhanardono, M.T. (Ketua Tim Penguji)
3. Dr. Bambang Lelono W., S.T., M.T. (Penguji I)

**SURABAYA
JULI, 2017**

“RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN TEMPERATURE DALAM PROSES PEMURNIAN PADA MINI PLANT BIODIESEL DI WORKSHOP INSTRUMENTASI”

Nama : Atika Diyanasari
NRP : 2414 031 004
Program Studi : Teknik Instrumentasi
Dosen Pembimbing : Ir. Ya’umar, MT

Abstrak

Pada sistem pengendalian temperatur ini merupakan suatu rancangan bangun sistem yang mampu mengendalikan temperatur pada *mini plant biodiesel process* khususnya pada tangki pencampuran yang terdiri dari campuran minyak hasil pengolahan pada proses transesterifikasi dan *aquadest*. Pengendalian temperatur pada proses pemurnian *mini plant* biodiesel menggunakan sistem pengendalian bermode *on-off* dan menggunakan *thermocouple* sebagai sensor temperatur, *microcontroller* ATmega 8535 sebagai *controller*, *heater* sebagai *actuator*, dan LCD yang berfungsi untuk menampilkan data temperature. Cara kerja dari *plant* pengendalian ini yaitu sensor *thermocouple* akan mendeteksi perubahan temperatur pada tangki pencampuran kemudian diolah oleh *microcontroller* ATmega 8535 sehingga perubahan temperatur dapat ditampilkan melalui LCD. Pada hasil pengujian dapat terlihat bahwa temperatur optimum yang digunakan pada proses pemurnian adalah pada set point 65°C karena dapat menghasilkan proses pemurnian tanpa ada sisa kontaminasi pada hasil akhir produk biodiesel dengan baik. Pada sistem pengendalian temperatur tangki pencampuran mempunyai nilai akurasi sebesar 97,12 %.

Kata kunci : Sistem pengendalian temperatur, proses pemurnian, sensor *thermocouple*, *microcontroller* ATmega 8535

“A DESIGN OF TEMPERATURE CONTROL SYSTEM IN THE PURIFICATION PROCESS TO BIODIESEL MINI PLANT IN THE INSTRUMENTATION WORKSHOP”

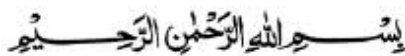
Name : Atika Diyanasari
NRP : 2414 031 004
Department : Metrology and Instrumentation
Engineering Diploma Program
Advisor Lecturer : Ir. Ya'umar, MT

Abstract

In this temperature control system is a system design that is able to control the temperature of mini plant biodiesel process, especially in mixing tank consisting of mixture of processing oil in transesterification process and aquadest. Temperature control in the mini biodiesel refining process uses an on-off coding control system and uses thermocouple as temperature sensor, ATmega 8535 microcontroller as controller, heater sebagai actuator, and LCD that serves to display temperature data. The operation of this controlling plant is the thermocouple sensor will detect the temperature change in the mixing tank and then processed by ATmega 8535 microcontroller so that temperature change can be displayed through the LCD. In this tank the ideal temperature of mixing oil and aquadest is 65 ° C. On the test results can be seen that the optimum temperature used in the purification process is at set point 65 ° C because it can produce the purification process without any residual contamination in the final product of biodiesel products well. In mixing temperature tank mixing system has an accuracy value of 97.12%.

Keywords : *The temperature control system, The Purification process, The thermocouple temperature sensor, The microcontroller ATmega 8535*

KATA PENGANTAR



Puji syukur Alhamdulillah kami panjatkan kehadiran Allah SWT serta Nabi Muhammad SAW atas berkah, limpahan rahmat dan hidayah-Nya kepada kami semua sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir tepat waktu dengan judul :

“RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN TEMPERATURE DALAM PROSES PEMURNIAN PADA MINI PLANT BIODIESEL PROCESS DI WORKSHOP INSTRUMENTASI”

Tugas akhir ini disusun guna memenuhi persyaratan untuk memperoleh gelar Diploma pada Departemen Teknik Instrumentasi, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Selama menyelesaikan tugas akhir ini penulis telah banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc selaku Kepala Departement Teknik Instrumentasi, FV-ITS
2. Bapak Ir. Apriani Kusumawardhani, MSc, selaku dosen wali yang selalu memberikan motivasi dan perhatiannya selama penulis menjadi mahasiswa di Departemen Teknik Instrumentasi
3. Bapak Ir. Ya'umar, MT, selaku pembimbing tugas akhir yang senantiasa selalu bersabar dan memberikan segala ilmu dan bimbingannya yang diberikan selama pengerjaan tugas akhir.
4. Bapak Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA, selaku Kepala Laboratorium Workshop Instrumentasi yang telah memberikan izin menggunakan *workshop* intrumentasi sebagai tempat pengerjaan tugas akhir kami.

5. Orang Tua saya yang tercinta, terutama Ibu saya, terima kasih atas segala dukungan dan kepercayaan baik moril, spiritual dan material. Semoga selalu dilimpahkan rahmat dan hidayahnya.
6. Adik saya Moh. Irfan Hidayat yang selalu mensupport, menemani dan selalu menghibur saya dalam suka maupun duka.
7. Kelompok TA Biodiesel Proses Anak Agung Yuniartha, Lintang Gumebyar, Dimas Gerry Ainul W., Renza Yuarifaldi, Andi M Fathurrahman yang bersama-sama berjuang dalam pengerjaan tugas akhir. Semoga akan selalu teringat kebersamaan kita.
8. Teman-teman seperjuangan tugas akhir D3 Teknik Instrumentasi angkatan 2014 yang tidak dapat disebutkan satu persatu dan semua pihak yang telah membantu terselesaikannya Tugas Akhir ini.
9. Kakak-kakak dari lintas jalur maupun alumni yang selalu memberi bimbingan dan pengetahuan seputar tugas akhir.
10. Serta semua pihak yang turut membantu terselesaikannya Tugas Akhir ini, terima kasih banyak

Penulis menyadari bahwa terdapat kekurangan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini. Karena itu sangat diharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak sehingga mencapai sesuatu yang lebih baik.

Surabaya, 27 Juli 2017

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	3
1.5 Metodologi Pengujian Alat	3
1.6 Sistematika Laporan	3
BAB II TEORI PENUNJANG	5
2.1 Bahan Baku Biodiesel	5
2.2 <i>Mixing Process</i>	7
2.3 Sensor Termokopel	8
2.4 Reaksi Pemurnian	12
2.5 <i>Microcontroller</i> ATmega 8535	12
2.6 <i>Heater</i>	17
2.7 Sistem Pengendalian <i>on/off</i>	19
2.8 Lampu Indikator	21
2.9 LCD (<i>Liquid Cristal Display</i>)	22
2.10 <i>Relay</i>	24
BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT	27
3.1 Blok Diagram Perancangan Alat	27
3.2 Perancangan Sistem Pengendalian <i>Temperature</i> Pada <i>Unit Mixing</i>	28
3.3 Perancangan <i>Local Control unit (LCU)</i>	30

3.4	Perancangan Hardware	31
3.5	Perancangan Perangkat Lunak <i>Software</i>	36
3.6	Prosedur Operasional	38
BAB IV PENGUJIAN ALAT DAN ANALISA DATA		41
4.1	Pengujian Alat	41
4.2	Pengujian Sistem	41
4.3	Analisa Data.....	49
BAB V PENUTUP		51
5.1	Kesimpulan	51
5.2	Saran	51
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN A. Data Sheet ATmega 8535		
LAMPIRAN B. Data Sheet Sensor <i>Thermocouple Type K</i>		
LAMPIRAN C. <i>Listing Program</i>		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	<i>Mixing tank</i>	7
Gambar 2.2	Prinsip Kerja Sensor Termokopel.....	9
Gambar 2.3	<i>Seebeck voltage</i>	11
Gambar 2.4	Sensor Termokopel	12
Gambar 2.5	ATMega 8535	13
Gambar 2.6	Konfigurasi <i>pin</i> IC ATMega 8535	15
Gambar 2.7	<i>Heater</i>	18
Gambar 2.8	Diagram Blok Pengendalian <i>ON-OFF</i>	19
Gambar 2.9	Fluktuasi Pengendalian <i>On-Off</i>	21
Gambar 2.10	Lampu indikator	21
Gambar 2.11	Konfigurasi LCD 2x16.....	22
Gambar 2.12	<i>Relay</i>	24
Gambar 2.13	Konfigurasi LCD 2x16.....	26
Gambar 2.14	<i>Relay</i> DC.....	28
Gambar 3.1	Blok Diagram Perancangan dan Pembuatan Alat	27
Gambar 3.2	Rancangan <i>Plant</i> Temperatur Pada Tangki Pencampuran.....	28
Gambar 3.3	Sensor <i>Thermocouple</i>	29
Gambar 3.4	Diagram Blok Pengendalian <i>Temperature</i>	30
Gambar 3.5	LCU <i>Plant</i> Pengendalian <i>Temperature</i>	31
Gambar 3.6	Rangkaian <i>Power Supply</i> 5 Volt.....	32
Gambar 3.7	Rangkaian <i>Power Supply</i> 12 Volt.....	32
Gambar 3.9	Rangkaian <i>Modul Relay</i>	34
Gambar 3.10	Perancangan ATMega 8535	35
Gambar 3.11	Koneksi LCD 2 X 16 ke <i>Microcontroller</i>	36
Gambar 3.12	Tampilan Perancangan LCD Pada Uji Coba <i>Sensor Thermocouple</i>	36
Gambar 3.13	Diagram Alir Program.....	37
Gambar 4.1	Grafik Perubahan Temperatur Terhadap Waktu Pada <i>set point</i> 65 °C Loop ke-1	45
Gambar 4.2	Grafik Perubahan Temperatur Terhadap Waktu Pada <i>set point</i> 65 °C Loop ke-2.....	45

Gambar 4.3	Grafik Perubahan Temperatur Terhadap Waktu Pada <i>set point</i> 65 °C Loop ke-3	46
Gambar 4.4	Grafik Perubahan Temperatur Terhadap Waktu Pada <i>set point</i> 65 °C Loop ke-4	46

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>Pin-pin Port I/O PORT B</i>	16
Tabel 2.2 <i>Pin – pin Port I/O PORT D</i>	17
Tabel 2.3 Konfigurasi LCD 2x16	22
Tabel 2.4 Konfigurasi LCD 2x16 (Lanjutan).....	23
Tabel 4.1 Pengukuran Temperatur <i>Set point</i> 65°C Loop-1.....	42
Tabel 4.2 Pengukuran Temperatur <i>Set point</i> 65°C Loop-2.....	43
Tabel 4.3 Pengukuran Temperatur <i>Set point</i> 65°C Loop-3.....	44
Tabel 4.4 Tabel Data <i>Error Steady State (ess)</i> dengan <i>Set point</i> 65°C Loop Ke-1	46
Tabel 4.5 Tabel Data <i>Error Steady State (ess)</i> dengan <i>Set point</i> 65°C Loop Ke-2	47
Tabel 4.6 Tabel Data <i>Error Steady State (ess)</i> dengan <i>Set point</i> 65°C Loop Ke-3	47
Tabel 4.7 Data perhitungan akurasi	48

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Biodiesel adalah bahan bakar mesin diesel yang terbuat dari sumberdaya hayati yang berupa minyak lemak nabati atau lemak hewani. Dibandingkan bahan bakar fosil, biodiesel mempunyai kelebihan diantaranya bersifat dapat terdegradasi dengan mudah (*biodegradable*), *non-toxic*, mempunyai angka emisi dan gas sulfur yang rendah sehingga emisi pembakaran yang dihasilkan ramah lingkungan serta tidak menambah akumulasi gas karbondioksida di atmosfer sehingga lebih mengurangi efek pemanasan global atau banyak disebut dengan *zero CO₂ emission*. Biodiesel telah banyak digunakan sebagai bahan bakar pengganti solar. Bahan baku biodiesel yang dikembangkan bergantung pada sumber daya alam yang dimiliki suatu negara. Dari berbagai jenis tanaman dan limbah yang dapat dijadikan sebagai sumber bahan baku biodiesel, salah satunya adalah dengan memanfaatkan biji nyamplung yang banyak tumbuh didaerah sekitar pantai yang memiliki kandungan 40-74% minyak, sehingga dapat diolah menjadi biodiesel^[1].

Biodiesel dari biji nyamplung dapat diperoleh melalui reaksi *degumming*, esterifikasi, transesterifikasi dan diperlukan proses pemurnian agar mencapai hasil minyak biodiesel yang baik untuk dikonsumsi. Reaksi transesterifikasi menghasilkan *crude biodiesel* yang mengandung metil ester, gliserol dan impurities lain berupa sisa reaktan dan katalis. Proses selanjutnya adalah proses pencucian yang dilakukan untuk mendapatkan biodiesel dengan kandungan metil ester tinggi dan masih bercampur dengan gliserol. Sehingga biodiesel perlu dicuci menggunakan air suling (*aquadest*) untuk menghilangkan sabun dan sisa-sisa bahan lain yang masih terkandung dalam *product* biodiesel.

Maka dari itu akan dirancang sebuah *mini plant Biodiesel Process* secara sederhana. Sistem pada *mini plant Biodiesel Process* ini memerlukan sistem pengendalian otomatis bermode *on-off* ini berfungsi untuk mengendalikan temperatur pada *unit mixing* dengan campuran minyak hasil pengolahan pada proses

transesterifikasi dan *aquadest* agar mendapatkan kualitas pencampuran yang baik. Oleh karena itu, akan dirancang suatu sistem pengendalian otomatis dengan menggunakan AVR Atmega 8535 dengan berrmode pengendalian *on-off* sebagai *controller* dan menggunakan sensor Termokopel Tipe K sebagai pendeteksi temperatur pada proses transesterifikasi *mini plant Biodiesel*.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam Tugas Akhir ini adalah bagaimana merancang sistem *control* temperatur pada tangki pencampuran ***Mini Plant Biodiesel Process***, agar pencampuran (*mixing*) antara hasil pengolahan pada proses transesterifikasi dan *aquadest* dapat menghasilkan percepatan reaksi yang baik dan menjaga kestabilan temperatur saat pencampuran agar berlangsung dengan baik.

1.3 Batasan Masalah

Perlu diberikan beberapa batasan permasalahan agar pembahasan tidak meluas dan menyimpang dari tujuan. Adapun batasan permasalahan dari sistem yang dirancang ini yaitu :

1. Pada *plant* tangki pencampuran, variabel proses yang akan dikendalikan adalah temperatur.
2. Bahan yang digunakan dalam pembuatan biodiesel ini adalah minyak biji nyamplung, larutan asam phospat (H_3PO_4), larutan methanol (CH_3OH), larutan asam asetat (CH_3COOH), katalis (KOH), dan aquades untuk proses pencucian.
3. Temperatur yang digunakan dalam proses pencampuran ini 65°C .
4. Mode pengendali yang digunakan adalah *on-off*.
5. Sensor yang digunakan yaitu *Thermocouple* Tipe K dengan *range* pengukuran 0°C - 400°C
6. *Controller* yang digunakan adalah ATMEGA 8535
7. Terdapat *indicator* berupa Pilot Lampu terhadap aktif atau tidaknya *heater* sebagai *actuator*.
8. Dilakukan *display* trhadap perubahan temperatur.

1.4 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam tugas akhir ini yaitu merancang dan membangun suatu sistem pengendalian temperatur pada proses pemurnian *Mini Plant Biodiesel*, untuk mendapatkan hasil pencampuran dan konversi yang optimum.

1.5 Metodologi Pengujian Alat

Metodologi penelitian dalam pelaksanaan tugas akhir ini, yaitu :

- Studi literatur

Studi literatur meliputi pemahaman secara teori mengenai ATMEGA 8535, sensor *Thermocouple* Tipe K dan teori tentang sistem pengendalian temperatur bermode *on-off*.

- Perancangan dan Pembuatan Alat

Merancang mekanik, mulai dari penempatan tangki minyak dan aquades dan tangki pemurnian dan *heater* yang akan dipakai sebagai *actuator* yang akan memanaskan liquid sesuai dngan *set point*. Merancang elektrik, mulai dari menghubungkan sensor *Thermocouple* menuju ATMEGA 8535 yang dihubungkan dengan LCD. Merancang *software* dengan menggunakan pemrograman bahasa C yang akan digunakan untuk memprogram ATMEGA 8535.

- Pengujian dan Analisa Data

Pengujian alat meliputi pengujian *hardware* dan pengujian *software* dengan cara mengoperasikan dan menjalankan *hardware* dan *software* tersebut dan hasilnya sesuai dengan perencanaan alat.

1.6 Sistematika Laporan

Dalam penyusunan tugas akhir ini, sistematika laporan disusun secara sistematis dan terbagi dalam beberapa bab, yaitu dengan perincian sebagai berikut:

BAB I Pendahuluan

Bab ini berisi tentang penjelasan latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan,

tugas akhir, metodologi penelitian dan sistematika laporan.

BAB II Tinjauan Pustaka

Pada bab ini berisikan tentang teori-teori penunjang tugas akhir, antara lain teori tentang bahan pembuatan biodiesel antara minyak biji nyamplung, larutan *methanol* (CH_3OH), katalis (KOH), dan aquades, *mixing process*, reaksi pemurnian, *sensor Thermocouple* Tipe K, elektrik pemanas (*heater*), ATmega 8535, pengendalian *On-Off*, LCD, lampu indikator, *relay*.

BAB III Perancangan dan Pembuatan Alat

Dalam bab ini akan dijelaskan secara detail mengenai langkah-langkah yang harus dilalui untuk mencapai tujuan dan simpulan akhir dari penelitian. Produk akhir dari tahap ini adalah perancangan dan model yang siap untuk dibuat, diuji, dan dianalisa.

BAB IV Pengujian Alat dan Analisa Data

Pada bab ini merupakan tindak lanjut dari bab III, dimana pengujian yang telah dilakukan dan akan didapatkan data, baik data berupa grafik maupun tabulasi, kemudian akan dilakukan analisa dan pembahasan.

BAB V Kesimpulan dan Saran

Dalam bab ini adalah berisi mengenai kesimpulan pokok dari keseluruhan rangkaian penelitian yang telah dilakukan serta saran yang dapat dijadikan rekomendasi sebagai pengembangan penelitian selanjutnya.

BAB II

TEORI PENUNJANG

Dalam pengerjaan tugas akhir adapun teori penunjang yang digunakan sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan antara lain : komponen *mini plant* sistem pengendalian *temperature* pada bahan pembuatan biodiesel yaitu minyak biji nyamplung, larutan *methanol* (CH_3OH), katalis (KOH), dan aquades, *mixing process*, reaksi pemurnian, *sensor Thermocouple* Tipe K, elektrik pemanas (*heater*), ATMega 8535, pengendalian *On-Off*, LCD, lampu indikator, *relay*.

2.1 Bahan Baku Biodiesel

Untuk membuat biodiesel diperlukan tiga komponen utama yaitu minyak biji nyamplung, alkohol, dan katalis.

2.1.1 Minyak Biji Nyamplung

Indonesia memang terkenal dengan kekayaan alamnya. Matahari yang bersinar sepanjang tahun, beragam tanaman pun tumbuh subur di negeri ini. Salah satu tumbuhan yang memiliki potensi menjanjikan adalah nyamplung alias kosambi. Tanaman yang mempunyai nama latin *Calophyllum inophyllum* ini dipilih sebagai sumber energi *biofuel* karena bijinya mengandung rendemen minyak tinggi. Biji kering nyamplung yang berbentuk bulat mengandung hampir 74% minyak. Kandungan minyak ini dua kali lipat lebih besar dari biji jarak dan bahkan semua tanaman penghasil bahan bakar nabati lainnya^[2]. Hal ini menyebabkan minyak biji nyamplung lebih baik digunakan untuk bahan baku pembuatan biodiesel.

2.1.2 Alkohol (*Methanol*)

Jenis alkohol yang biasanya dipakai pada proses pembuatan biodiesel adalah *methanol* dan etanol. *Methanol* atau biasa dikenal sebagai metil alkohol merupakan jenis alkohol yang biasa digunakan dalam pembuatan biodiesel karena *methanol* (CH_3COOH) mempunyai keuntungan lebih mudah bereaksi atau lebih stabil dibandingkan dengan etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) karena *methanol* memiliki satu ikatan carbon sedangkan etanol memiliki

dua ikatan carbon, sehingga lebih mudah memperoleh pemisahan gliserol dibanding dengan etanol. Kerugian dari *methanol* adalah *methanol* termasuk zat yang beracun dan berbahaya, bahkan lebih mudah terbakar bila dibandingkan bensin. *Methanol* berwarna bening seperti air, mudah menguap, mudah terbakar dan mudah bercampur dengan air. Etanol lebih aman, tidak beracun dan terbuat dari hasil pertanian, sedangkan *methanol* mengandung uap yang berbahaya bagi makhluk hidup dan terbuat dari batubara. Etanol memiliki sifat yang sama dengan metanol yaitu berwarna bening seperti air, mudah menguap, mudah terbakar dan mudah bercampur dengan air. Namun, saat ini penggunaan *methanol* lebih banyak digunakan karena selain harganya lebih murah, juga lebih mudah untuk memperoleh pemisahan gliserin dibandingkan dengan etanol, dan pada penggunaan etanol apabila tidak berhati-hati akan menimbulkan emulsi. *Methanol* dan etanol yang dapat digunakan hanya yang murni 99%. *Methanol* memiliki massa jenis 0,7915 g/m³, sedangkan etanol memiliki massa jenis 0,79 g/m³ [3].

2.1.3 Katalis (KOH)

Katalis adalah suatu zat yang berfungsi mempercepat laju reaksi dengan menurunkan energi aktivasi, namun tidak menggeser letak keseimbangan. Tanpa katalis reaksi transesterifikasi akan berjalan sangat lambat karena membutuhkan temperatur dan tekanan yang tinggi untuk mencapai hasil yang maksimum. Katalis dapat berupa basa, asam, atau enzim. Namun, katalis basa lebih banyak digunakan sebagai katalis dalam reaksi transesterifikasi karena menghasilkan metil ester yang tinggi dan waktu yang cepat. Katalis yang digunakan adalah kalium hidroksida (KOH dengan sifat basa kuat yang dimiliki). Katalis akan memecahkan minyak biji kapuk dan melepaskan ester, begitu ester bebas akan menempel pada alkohol. Sedangkan katalis dan gliserol akan mengendap. Jumlah katalis yang digunakan harus tepat. Penggunaan katalis yang terlalu sedikit akan menyebabkan minyak dan alkohol tidak bereaksi, dan apabila jumlah katalis yang digunakan terlalu banyak akan menyebabkan campuran terelmusi [4].

2.1.4 Aquades (H₂O)

Proses pencucian atau pemurnian bertujuan untuk

menghilangkan kontaminan dalam biodiesel hasil transesterifikasi berupa sisa methanol, sisa katalis (sodium metoksida), sabun dan gliserol. Methanol dan gliserol memiliki sifat sangat larut dalam aquades. Saat proses pencucian, methanol berikatan dengan aquades karena keduanya merupakan senyawa polar, sehingga kontaminan dalam biodiesel dapat terpisah dari biodiesel dan terikut dengan air.

H₂O atau air adalah substansi kimia dengan rumus H₂O kimia. Sebuah molekul air mengandung satu atom oksigen dan hidrogen dan terhubung oleh ikatan kovalen. Air menempati di segala ruang, tetapi juga air dapat berbentuk padat, es, dan bentuk gas (uap air atau uap). Air juga ada dalam keadaan kristal cair di dekat permukaan hidrofilik. Dalam tata nama yang digunakan untuk nama senyawa kimia, dihidrogen monoksida adalah nama ilmiah untuk air, meskipun hampir tidak pernah digunakan^[5].

2.2 *Mixing Process*

Mixing process merupakan suatu proses membaurkan beberapa bahan menjadi satu kesatuan dengan presentase tertentu sehingga menghasilkan produk baru yang homogen. Contoh dari proses pencampuran cair-cair yaitu seperti sirup, bahan-bahan kimia, minuman kaleng dan sebagainya. Dalam proses tersebut diperlukan gaya mekanik sebagai penggerak alat pengaduk sehingga proses pencampuran dapat berjalan dengan baik. Ada beberapa metode dalam proses pencampuran seperti penyemprotan dan mengeluarkan gas ke dalam cairan. Namun metode yang paling sering digunakan yaitu dengan metode turbulensi dimana bahan-bahan yang akan dicampur dimasukkan kedalam bejana kemudian diaduk^[6].



Gambar 2.1. *Mixing Tank* ^[6]

Selain itu salah satu hal yang perlu diperhatikan dalam menentukan peralatan yang harus digunakan dalam pencampuran adalah fase dari bahan yang akan dicampur. Berikut akan dibahas pencampuran berdasarkan fase dari bahan yang dicampur dalam *plant* tangki pemurnian.

1. ***Liquid-Liquid Material of Mixing***

Mixing process ini digunakan untuk mempersiapkan atau melangsungkan proses-proses kimia dan fisika serta juga untuk membuat produk akhir yang komersial. Alat yang digunakan untuk mencampur bahan cair-cair dapat berupa tangki atau bejana yang dilengkapi dengan pengaduk. Tangki atau bejana biasanya berbentuk silinder dengan sumbu terpasang vertikal, bagian atas bejana itu bias terbuka saja ke udara atau dapat pula tertutup. Ujung bawah tangki itu biasanya agak membulat, jadi tidak datar saja, maksudnya agar tidak terdapat terlalu banyak sudut-sudut tajam atau daerah yang sulit ditembus arus zat cair. Kedalaman zat cair biasanya hampir sama dengan diameter tangki. Di dalam tangki itu dipasang pengaduk (*impeller*) pada ujung poros menggantung, artinya poros itu ditumpu dari atas. Poros itu digerakkan oleh motor, yang kadang-kadang dihubungkan langsung dengan poros itu, namun biasanya dihubungkan melalui peti roda gigi untuk menurunkan kecepatannya.

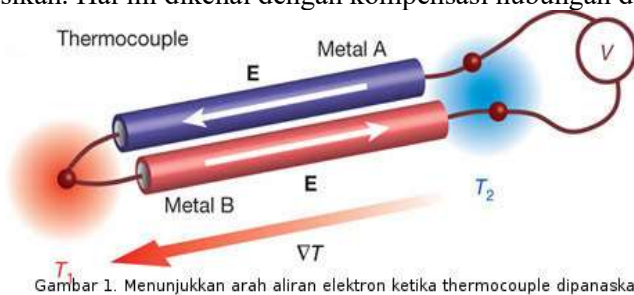
2.3 **Sensor Termokopel**

Termokopel merupakan sambungan (*junction*) dua jenis logam atau campuran yang salah satu sambungan logam tadi diberi perlakuan suhu yang berbeda dengan sambungan lainnya. Sambungan logam pada termokopel terdiri dari dua sambungan, yaitu :

- a. *Reference junction (cold junction)*, merupakan sambungan acuan yang suhunya dijaga konstan dan biasanya diberi suhu yang dingin.
- b. *Measuring junction (hot junction)*, merupakan sambungan yang dipakai untuk mengukur suhu.

Pada dunia elektronika, termokopel adalah sensor suhu yang

banyak digunakan untuk mengubah perbedaan suhu dalam benda menjadi perubahan tegangan listrik (*voltage*). Termokopel yang sederhana dapat dipasang, dan memiliki jenis konektor standar yang sama, serta dapat mengukur suhudalam jangkauan suhu yang cukup besar dengan batas kesalahan pengukuran kurang dari $1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Pada banyak aplikasi, salah satu sambungan (sambungan yang dingin) dijaga sebagai suhu referensi, sedang yang lain dihubungkan pada objek pengukuran. Termokopel dapat dihubungkan secara seri satu sama lain untuk membuat termopile, dimana tiap sambungan yang panas diarahkan ke suhu yang lebih tinggi dan semua sambungan dingin ke suhu yang lebih rendah. Dengan begitu, tegangan pada setiap termokopel menjadi naik, yang memungkinkan untuk digunakan pada tegangan yang lebih tinggi. Dengan adanya suhu tetapan pada sambungan dingin, yang berguna untuk pengukuran di laboratorium, secara sederhana termokopel tidak mudah dipakai untuk kebanyakan indikasi sambungan langsung dan instrumen kontrol. Mereka menambahkan sambungan dingin tiruan ke sirkuit mereka yaitu peralatan lain yang sensitif terhadap suhu (seperti termistor atau dioda) untuk mengukur suhu sambungan input pada peralatan, dengan tujuan khusus untuk mengurangi gradiasi suhu di antara ujung-ujungnya. Di sini, tegangan yang berasal dari hubungan dingin yang diketahui dapat disimulasikan, dan koreksi yang baik dapat diaplikasikan. Hal ini dikenal dengan kompensasi hubungan dingin.



Gambar 1. Menunjukkan arah aliran elektron ketika thermocouple dipanaskan

Gambar 2.2 Prinsip kerja sensor *termokopel*^[7]

Termokopel bekerja berdasarkan pembangkitan tenaga listrik pada titik sambung dua buah logam yang tidak sama (titik

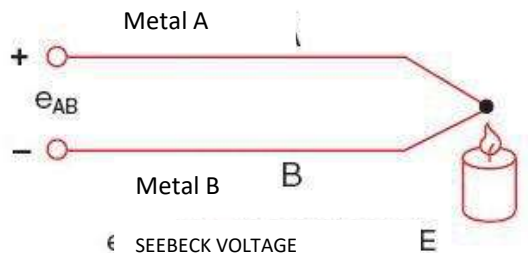
panas/titik ukur). Ujung lain dari logam tersebut sering disebut titik referensi (titik dingin) dimana temperaturnya konstan. Umumnya, termokopel digunakan untuk mengukur suhu berdasarkan perubahan suhu menjadi sinyal listrik. Bila antara titik referensi dan titik ukur terdapat perbedaan temperatur, maka akan timbul GGL yang menyebabkan adanya arus pada rangkaian. Bila titik referensi ditutup dengan menghubungkannya dengan sebuah alat pencatat maka penunjukan alat ukur akan sebanding dengan selisih suhuan antara ujung panas (titik ukur) dan ujung dingin (titik referensi). Kelemahan yang dimiliki oleh sensor ini adalah termokopel tidak dapat mengukur suhu awal dari suatu termometer pada suhu awal dari suatu termometer pada umumnya karena alat ini tidak dapat dikalibrasi. Sehingga ketika termokopel pada posisi *ON*, langsung muncul suhu ruangan dan kelebihanannya adalah termokopel paling cocok digunakan untuk mampu mengukur suhu yang sangat tinggi dan juga suhu rendah dari 0 hingga 400°C.

2.3.1 *Transducer* termokopel jenis K

Salah satu dari beberapa jenis sensor suhu yang menggunakan metode secara elektrik dan sensor ini adalah sensor termokopel K yang paling luas digunakan pada dunia penindustrian. Sensor ini terdiri dari dua kawat dari logam-logam yang berbeda yang kemudian dilas (dikonneksikan) menjadi satu sama lain pada salah satu ujungnya. termokopel memiliki paling sedikit dua atau lebih hubungan yang berfungsi sebagai hubungan pertama sebagai *variable* pengukuran (*hot junction*) dan hubungan yang kedua sebagai referensi *variable* (*cold junction*) yang nantinya akan digunakan sebagai pembandingan antar *element*.

Berasal dari kata “*thermo*” yang berarti energi panas dan “*couple*” yang berarti pertemuan dari dua buah benda. Termokopel adalah transduser aktif suhu yang tersusun dari dua buah logam berbeda dengan titik pembacaan pada pertemuan kedua logam dan titik yang lain sebagai outputnya. Berasal dari kata “*thermo*” yang berarti energi

panas dan “*couple*” yang berarti pertemuan dari dua buah benda. Termokopel adalah transduser aktif suhu yang tersusun dari dua buah logam berbeda dengan titik pembacaan pada pertemuan kedua logam dan titik yang lain sebagai outputnya. Sebuah termokopel terdiri dari dua buah kawat yang kedua ujungnya disambung sehingga menghasilkan suatu *open-circuit voltage* sebagai fungsi dari suhu, diketahui sebagai tegangan termolistrik atau disebut dengan *seebeck voltage*, yang ditemukan oleh Thomas Seebeck pada 1921.



Gambar 2.3 Seebeck voltage^[7]

Hubungan antara tegangan dan pengaruhnya terhadap suhu masing-masing titik pertemuan dua buah kawat adalah *linear*. Walaupun begitu, untuk perubahan suhu yang sangat kecil, tegangan pun akan terpengaruh secara *linear*, atau dirumuskan sebagai berikut (*National Instrument , Application Note 043*)

$$\Delta V = S \Delta T \dots \dots \dots (2.1)$$

Dengan ΔV adalah perubahan tegangan, S adalah koefisien seebeck, dan ΔT adalah perubahan suhu. Nilai S akan berubah dengan perubahan suhu, yang berdampak pada nilai keluaran berupa tegangan termokopel tersebut, dan nilai S akan bersifat *non-linear* di atas rentang tegangan dari termokopel tersebut.^[7]



Gambar 2.4 Sensor *termokopel* ^[7]

2.4 Reaksi Pemurnian

Biodiesel dari biji nyamplung dapat diperoleh melalui reaksi degumming, esterifikasi dan transesterifikasi. Pada hasil dari reaksi transesterifikasi menghasilkan crude biodiesel yang masih mengandung kontaminan berupa sisa methanol, sisa katalis (sodium metoksida), sabun dan gliserol. Sisa katalis, sabun dan gliserol berikatan dengan methanol. Maka dari itu, perlu adanya proses selanjutnya yaitu proses pencucian yang dilakukan untuk mendapatkan biodiesel dengan kandungan metil ester tinggi dengan menggunakan aquades. Karena, methanol dan gliserol memiliki sifat sangat larut dalam aquades. Saat proses pencucian, methanol berikatan dengan aquades karena keduanya merupakan senyawa polar, sehingga kontaminan dalam biodiesel dapat terpisah dari biodiesel dan terikut dengan air. Aquades digunakan pada suhu 65° C bertujuan untuk mencegah pengendapan ester asam lemak jenuh dan untuk memperlambat pembentukan emulsi. Pencucian adalah proses menghilangkan sisa methanol, sisa katalis, sabun dan gliserol yang tidak bisa dihilangkan pada proses pemisahan sebelumnya menggunakan metode pemisahan. Metode yang digunakan adalah metode pencucian dengan air suling untuk menghilangkan gliserol dan sisa bahan lain^[1].

2.5 Mikrokontroler AVR ATmega 8535

Mikrokontroler merupakan suatu rangkaian terintegrasi (*IC*) dengan kepadatan yang sangat tinggi dan semua bagian yang

diperlukan oleh suatu kontroler sudah dikemas dalam satu *keping* yang didalamnya terdiri dari pusat pemroses (*Central Processing Unit*), RAM (*Random Access Memory*), EEPROM / EPROM / PROM, unit *input/output*, antarmuka serial dan *parallel*, *timer* dan *counter*, serta *interrupt* kontroler. Mikrokontroler tersedia dalam beberapa pilihan, tergantung dari keperluan dan kemampuan yang diinginkan. Mikrokontroler yang banyak beredar biasanya terdiri dari 4, 8, 16 atau 32 bit.

Mikrokontroler AVR memiliki arsitektur RISC 8 Bit, sehingga semua instruksi dikemas dalam kode 16-bit (16-bits *word*) dan sebagian besar instruksi dieksekusi dalam satu siklus instruksi *clock*. Dan ini sangat membedakan sekali dengan instruksi MCS-51 (Berarsitektur CISC) yang membutuhkan siklus 12 *clock*. RISC adalah *reduced instruction set computing* sedangkan CISC adalah *complex instruction set computing*.

AVR dikelompokkan kedalam 4 kelas, yaitu ATtiny, keluarga AT90Sxx, keluarga ATmega, dan keluarga AT86RFxx. Dari kesemua kelas yang membedakan satu sama lain adalah ukuran *on-board* memori, *on-board peripheral* dan fungsinya. Dari segi arsitektur dan instruksi yang digunakan keempat kelas AVR bisa dikatakan hampir sama.



Gambar 2.5 ATmega 8535 ^[8]

2.5.1 Arsitektur ATmega 8535

Adapun spesifikasi arsitektur yang terdapat pada ATmega 8535 sebagai berikut :

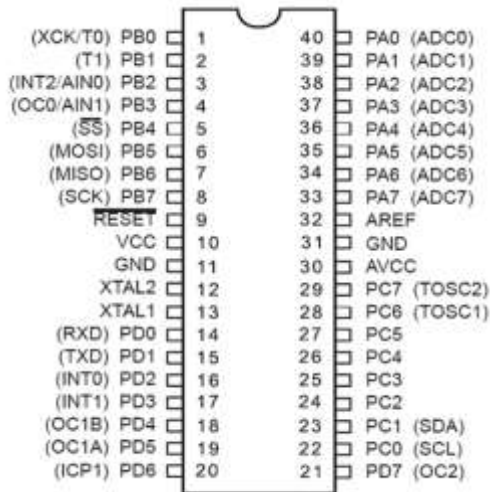
- a. Saluran IO sebanyak 32 buah, yaitu *port A*, *port B*, *port C* dan *port D*
- b. ADC 10 bit sebanyak 8 *channel*
- c. Tiga buah *timer / counter*
- d. 32 *register*
- e. *Watchdog timer* dengan *oscillator* internal
- f. SRAM sebanyak 512 *byte*
- g. Memori *Flash* sebesar 8 kb
- h. Sumber *interrupt* internal dan eksternal
- i. *Port SPI (Serial Pheriperal Interface)*
- j. EEPROM on board sebanyak 512 *byte*
- k. Komparator *analog*
- l. *Port USART (Universal Shynchronous Ashynchronous Receiver Transmitter)*

2.5.2 Konfigurasi *Pin* ATMega 8535

Mikrokontroler ATMega 8535 memiliki 40 *pin* dan 4 *port* dengan susunan seperti pada gambar 2.10 dengan masing-masing dapat dijelaskan sebagai berikut:

- a. VCC merupakan *pin* yang berfungsi sebagai *pin* masukan catu daya
- b. GND merupakan *pin ground*
- c. *Port A* (PA0...PA7) merupakan *pin* I/O dan *pin* masukan ADC
- d. *Port B* (PB0...PB7) merupakan *pin* I/O dan *pin* yang mempunyai fungsi khusus yaitu *timer/counter*, komparator analog dan SPI
- e. *Port C* (PC0...PC7) merupakan *port* I/O dan *pin* yang mempunyai fungsi khusus, yaitu komparator analog dan *timer oscillator*
- f. *Port D* (PD0...PD1) merupakan *port* I/O dan *pin* fungsi khusus yaitu komparator analog dan *interrupt eksternal* serta komunikasi serial
- g. RESET merupakan *pin* yang digunakan untuk mereset mikrokontroler
- h. XTAL1 dan XTAL2 merupakan *pin* masukan *clock eksternal*
- i. AVCC merupakan *pin* masukan untuk tegangan ADC

- j. AREF merupakan *pin* masukan tegangan referensi untuk ADC



Gambar 2.6 Konfigurasi *pin* IC ATmega 8535^[8]

Port A

Pada port A merupakan 8-bit *directional port* I/O. Setiap *pin*nya dapat menyediakan *internal pull-up* resistor (dapat diatur per bit). *Output buffer* Port A dapat memberi arus 20 mA dan dapat mengendalikan *display* LED secara langsung. *Data Direction Register* port A (DDRA) harus disetting terlebih dahulu sebelum Port A digunakan. Bit-bit DDRA diisi 0 jika ingin memfungsikan *pin-pin* port A yang bersesuaian sebagai *input*, atau diisi 1 jika sebagai *output*. Selain itu, kedelapan *pin* port A juga digunakan untuk masukan sinyal analog bagi A/D converter.

Port B

Pada Port B merupakan 8-bit *directional port* I/O. Setiap *pin*nya dapat menyediakan *internal pull-up* resistor (dapat diatur

per bit). *Output buffer Port B* dapat memberi arus 20 mA dan dapat mengendalikan *display LED* secara langsung. Data *Direction Register port B (DDRB)* harus disetting terlebih dahulu sebelum *Port B* digunakan. Bit-bit *DDRB* diisi 0 jika ingin memfungsikan *pin-pin port B* yang bersesuaian sebagai *input*, atau diisi 1 jika sebagai *output*. *Pin-pin port B* juga memiliki untuk fungsi-fungsi alternatif khusus seperti yang dapat dilihat dalam tabel berikut 2.1

Table 2.1 *Pin-pin Port I/O PORT B*

<i>Port Pin</i>	Fungsi Khusus
PB0	T0 = <i>timer/counter 0 external counter input</i>
PB1	T1 = <i>timer/counter 0 external counter input</i>
PB2	AIN0 = <i>analog comparator positive input</i>
PB3	AIN1 = <i>analog comparator negative input</i>
PB4	SS = <i>SPI slave select input</i>
PB5	MOSI = <i>SPI bus master output / slave input</i>
PB6	MISO = <i>SPI bus master input / slave output</i>
PB7	SCK = <i>SPI bus serial clock</i>

Port C

Pada *Port C* merupakan 8-bit *directional port I/O*. Setiap *pinnya* dapat menyediakan *internal pull-up resistor* (dapat diatur per bit). *Output buffer Port C* dapat memberi arus 20 mA dan dapat mengendalikan *display LED* secara langsung.

Data *Direction Register port C (DDRC)* harus disetting terlebih dahulu sebelum *Port C* digunakan. Bit-bit *DDRC* diisi 0 jika ingin memfungsikan *pin-pin port C* yang bersesuaian sebagai *input*, atau diisi 1 jika sebagai *output*. Selain itu, dua *pin port C* (PC6 dan PC7) juga memiliki fungsi alternatif sebagai *oscillator* untuk *timer/counter 2*.

Port D

Pada Port D merupakan 8-bit *directional port I/O*. Setiap *pin*nya dapat menyediakan *internal pull-up* resistor (dapat diatur per bit). *Output buffer* Port D dapat memberi arus 20 mA dan dapat mengendalikan *display* LED secara langsung. Data *direction register port* D (DDRD) harus di *setting* terlebih dahulu sebelum Port D digunakan. *Pin* pada port D juga memiliki untuk fungsi yaitu^[8].

Table 2.2 *Pin – pin Port I/O PORT D*

<i>Port</i>	Fungsi khusus
PD0	RDX (UART <i>input</i> line)
PD1	TDX (UART <i>output</i> line)
PD2	INT0 (external interrupt 0 <i>input</i>)
PD3	INT1 (external interrupt 1 <i>input</i>)
PD4	OC1B (Timer <i>output</i> compareB match <i>output</i>)
PD5	OC1A (Counter1 <i>output</i> compareA match <i>output</i>)
PD6	ICP (Timer/counter1 <i>input</i> capture <i>pin</i>)
PD7	OC2 (Timer <i>output</i> compare match <i>output</i>)

2.6 Heater

Electrical Heating Element (elemen pemanas listrik) banyak dipakai dalam kehidupan sehari-hari. Baik didalam rumah tangga atau pun peralatan dan mesin industri. Pada rancangan tugas akhir *plant biodiesel* kali ini khususnya pada *plant* pencampuran dibutuhkan *heater* dengan tujuan untuk memanaskan larutan minyak hasil proses transesterifikasi dan aquades agar dapat tercampur dengan baik dan maksimal. Bentuk dan type dari *electrical heating element* ini bermacam-macam disesuaikan dengan fungsi,tempat pemasangan dan media yang akan dipanaskan.

Panas yang dihasilkan oleh elemen pemanas listrik ini bersumber dari kawat ataupun pita bertahanan listrik tinggi

(*Resistance Wire*) biasanya bahan yang digunakan adalah niklin yang dialiri arus listrik pada kedua ujungnya dan dilapisi oleh isolator listrik yang mampu meneruskan panas dengan baik hingga aman jika digunakan.

Ada 2 macam jenis utama pada elemen pemanas listrik ini yaitu:

- a. Elemen Pemanas Listrik bentuk dasar yaitu elemen pemanas dimana *Resistance Wire* hanya dilapisi oleh isolator listrik, macam-macam elemen pemanas bentuk ini adalah: *Ceramik Heater, Silica dan Quartz Heater, Bank Channel Heater, Black Body Ceramic Heater*.
- b. Elemen Pemanas Listrik bentuk Lanjut merupakan elemen pemanas dari bentuk dasar yang dilapisi oleh pipa atau lembaran plat logam dengan tujuan sebagai penyesuaian terhadap penggunaan dari elemen pemanas tersebut. Bahan logam yang biasa digunakan adalah : *mild stell, stainles stell*, tembaga dan kuningan. Pada tugas akhir kali ini akan menggunakan jenis *tubular heater* dimana pemanas yang digunakan untuk memanaskan cairan, baik air ataupun bahan kimia, terdiri dari 1 atau lebih tubular heater berbentuk “U form” yang dipasang pada flans.^[3]

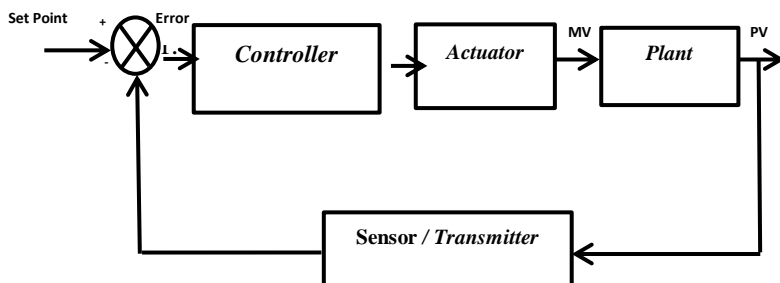


Gambar 2.7. Heater ^[8]

2.7 Sistem Pengendalian *On-off*

Sistem pengendalian proses terdiri dari beberapa kerja alat-alat yang digunakan untuk mengendalikan variabel-variabel proses terukur pada suatu nilai *set point* tertentu. Sistem pengendalian proses terdiri dari dua macam, yaitu pengendalian manual dan otomatis. Variabel-variabel proses yang dikendalikan terdiri dari *pressure*, *flow*, *temperature* dan *level*. Beberapa istilah dalam *system* pengendalian proses antara lain:

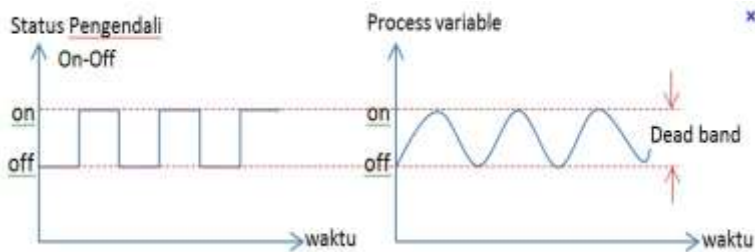
- Controller* : elemendalam *system* pengendalian yang melakukan pengukuran, perbandingan, perhitungan, dan koreksi. Salah satu metode *controller* dalam *system* pengendalian proses di industry yaitu *PID (Proportional Integral Derrivatif) control*.
- Proses : Gabungan peralatan yang bekerja sebagai suatu sistem.
- Transmitter berfungsi membaca sinyal sensing element dari sensor dan mengubahnya sebelum diteruskan ke *controller*.
- Actuator* : instrument akhir dalam *system* pengendalian proses yang berfungsi merubah variable pengukuran (*measurement variable*) menjadi variable termanipulasi (*manipulated variable*) berdasarkan perintah *controller* terpasang.



Gambar 2.8. Diagram Blok Pengendalian *ON-OFF*

Dalam perancangan sebuah pengendalian proses, dibutuhkan suatu penetapan mode proses terlebih dahulu. Hal ini dikarenakan mode pengendalian proses merupakan hal yang paling utama dalam sebuah sistem pengendalian variabel. Salah satu mode pengendalian yang sering juga digunakan dalam banyak pengendalian variabel proses yaitu mode pengendalian *on/off*. Pengendalian *on /off* hanya bekerja pada dua posisi, yaitu posisi “*on*” dan posisi “*off*”. Pada sistem pengendalian *on/off* tidak akan pernah bekerja pada daerah antara 0 hingga 100%. Karena kerjanya yang *on/off*, hasil pengendalian pengendali *on-off* akan menyebabkan proses *variable* yang bergelombang, tidak pernah konstan. Perubahan proses *variable* akan seirama dengan perubahan posisi *final control element*. Besar kecilnya fluktuasi proses *variable* ditentukan oleh titik dimana *controller* “*on*” dan titik dimana “*off*”. Karena karakteristik kerjanya yang hanya *on* dan *off*, *controller* jenis *on-off* juga sering disebut sebagai *two position controller*, *gap controller* atau *snap controller*. Kata *snap* secara harfiah berarti menampar. Sebuah *controller on-off* kemudian juga lazim disebut *snap controller*. Ungkapan kata *snap action* kelak akan juga dipakai untuk kerja *controller* jenis lain yang karena besarnya gain menjadi bekerja secara *on-off*.

Kerja pengendalian *on-off*, seringkali didapatkan dengan memanfaatkan *dead band* suatu proses *switch*. Kerja pengendalian *on-off* banyak dipakai di sistem pengendalian yang sederhana. Namun, tidak semua proses dapat dikendalikan secara *on-off* karena banyak operasi proses yang tidak dapat mentolerir fluktuasi proses *variable*. Jadi, syarat utama untuk memakai pengendali *on-off* yaitu karena proses memang tidak dapat mentolerir fluktuasi proses *variable* pada batas-batas kerja pengendalian *on-off*. Aksi pengendalian dari *controller* ini hanya mempunyai dua kedudukan, maksimum atau minimum, tergantung dari *variable* terkontrolnya, apakah lebih besar atau lebih kecil dari set point.



Gambar 2.9. Fluktuasi Pengendalian *On-Off* ^[8]

2.8 Lampu Indikator

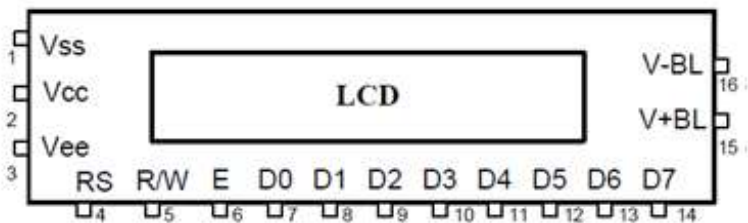
Lampu pijar adalah sumber cahaya buatan yang dihasilkan melalui penyaluran arus listrik melalui *filamen* yang kemudian memanaskan dan menghasilkan cahaya. Kaca yang menyelubungi *filamen* panas tersebut menghalangi udara untuk berhubungan dengannya sehingga *filamen* tidak akan langsung rusak akibat teroksidasi. Lampu pijar dipasarkan dalam berbagai macam bentuk dan tersedia untuk tegangan (*voltase*) kerja yang bervariasi dari mulai 1,25 volt hingga 300 volt. Energi listrik yang diperlukan lampu pijar untuk menghasilkan cahaya yang terang lebih besar dibandingkan dengan sumber cahaya buatan lainnya seperti lampu pijar dan dioda cahaya, maka secara bertahap pada beberapa negara peredaran lampu pijar mulai dibatasi.



Gambar 2.10 Lampu indikator ^[8]

2.9 LCD (*Liquid Cristal Display*)

LCD (*Liquid Cristal Display*) adalah sebuah teknologi yang berfungsi sebagai penampil atau monitor . Modul LCD dengan tampilan 16x2, terdiri dari dua bagian. Pada bagian pertama merupakan panel LCD sebagai media untuk menampilkan informasi berbentuk huruf, simbol maupun angka. LCD 16x2 dapat menampung dua baris, dimana tiap baris dapat menampilkan 16 karakter. Bagian kedua merupakan rangkaian elektronika yang dibentuk dengan mikrokontroler, berada di balik panel LCD. Bagian ini mempunyai fungsi mengatur tampilan informasi serta berfungsi mengatur komunikasi LCD dengan mikrokontroler. Berikut ini konfigurasi LCD 2x16 serta penjelasannya:



Gambar 2.11. Konfigurasi LCD 2x16 ^[9]

Tabel 2.3. Konfigurasi LCD 2x16

Pin	<i>Symbols and Functions</i>
1	GND
2	VCC (+5V)
3	<i>Contrast Adjust</i>
4	(RS) == >> 0 = <i>Instruction input</i> / 1 = <i>Data input</i>
5	(R/W) == >> 0 = <i>Write to LCD Module</i> / 1 = <i>Read from LCD Module</i>
6	(E) == >> <i>Enable Signal</i>

Tabel 2.4. Konfigurasi LCD 2x16 (Lanjutan)

7	(DB0) == >> Data Pin 0
8	(DB1) == >> Data Pin 1
9	(DB2) == >> Data Pin 2
10	(DB3) == >> Data Pin 3
11	(DB4) == >> Data Pin 4
12	(DB5) == >> Data Pin 5
13	(DB6) == >> Data Pin 6
14	(DB7) == >> Data Pin 7
15	(VB+) == >> <i>Back Light</i> (+5V)
16	(VB-) == >> <i>Back Light</i> (GND)

Berikut ini karakteristik dari LCD (16x2) :

1. Tampilan 16 karakter, 2 baris.
2. ROM pembangkit karakter 192 jenis.
3. RAM pembangkit karakter 8 jenis (di-program pemakai).
4. RAM data tampilan 80 x 8 bit (8 karakter).
5. *Duty ratio* 1/16.
6. RAM data tampilan dan RAM pembangkit karakter dapat dibaca dari unit mikro-prosesor.
7. Beberapa fungsi perintah antara lain adalah penghapusan tampilan (*display clear*), posisi kursor awal (*crusor home*), tampilan karakter kedip (*display character blink*), penggeseran kursor (*crusor shift*) dan penggeseran tampilan (*display shift*).
8. Rangkaian pembangkit detak (*clock*).
9. Rangkaian otomatis reset saat daya dinyalakan.

10. Catu daya tunggal +5 volt.

2.10 Relay

Relay adalah peralatan yang menggunakan elektromagnet dalam memberikan gaya untuk membuka atau menutup *switch*. Dengan kata lain, suatu *switch* dengan menggunakan tenaga listrik. Suatu *switch* atau *relay* pada saat keadaan tidak fiktif memiliki dua kondisi yaitu NO (*Normally Open*) dan NC (*Normally Close*). Dalam pemilihan suatu *relay* yang harus diperhatikan adalah kapasitas arusnya. *Relay* merupakan piranti control yang dapat berguna untuk menutup dan membuka kontak. *Relay* mekanis digunakan untuk menyambung atau memutuskan beban listrik. Proses *switching* ini dikontrol oleh rangkaian elektrik. *Relay magnetic* sering digunakan untuk mengontrol *relay* yang lain atau beban dengan daya yang kecil. Seringnya pengulangan membuka dan menutup, kontak dapat mengalami kerusakan akibat dari bunga api dan gesekan mekanis, sehingga bagian dari kontak tersebut dapat diganti dengan kontak yang baru. Hal ini sering terjadi terutama pada kontak *magnetic*. Material-material kontak yang sering digunakan adalah logam-logam khusus seperti Tembaga (Ag), Emas (Au), Platina (Pt), Nikel (Au-Ni) dan gabungan senyawa-senyawa seperti Ag-Au-Ni.



Gambar 2.12 *Relay* ^[10]

Sumber tegangan yang dipakai untuk dialirkan ke *coil* supaya terjadi gaya elektromagnetik adalah:

- **Sumber arus searah (DC)**

Standar tegangan untuk *relay* DC adalah 6, 12, 24, 48, dan 100 (volt). Kinerja *relay* DC lebih mantap karena kecepatan *switching relay* DC lebih rendah dibandingkan dengan *relay* AC karena induktansi dari koil menekan kecepatan menaikkan arus. Kerugiannya adalah memerlukan catu daya DC yang khusus.

- **Sumber arus bolak balik (AC)**

Relay AC biasanya dieksitasi dengan sumber tegangan 100 atau 200 (V) dengan frekuensi 50 atau 60 (Hz). Pada arus bolak-balik panas dapat terjadi pada kumparan dan inti besi. Untuk catu tegangan yang lebih rendah dari tegangan minimum yang diijinkan akan terjadi desah dan kinerjanya tidak stabil. Untuk sumber daya arus searah (DC) lebih stabil artinya pada koil tidak terjadi getaran karena sumber DC tidak dipengaruhi oleh adanya frekuensi. Pada *relay* DC ini kontaktornya tidak bergetar sehingga mempunyai usia pakai yang lama. Untuk sumber daya arus bolak-balik (AC) kurang stabil sehingga terjadi *cattering* atau getaran pada kontaknya karena sumber daya AC pada koil yang mempunyai frekuensi yaitu antara 50 – 60 Hz.

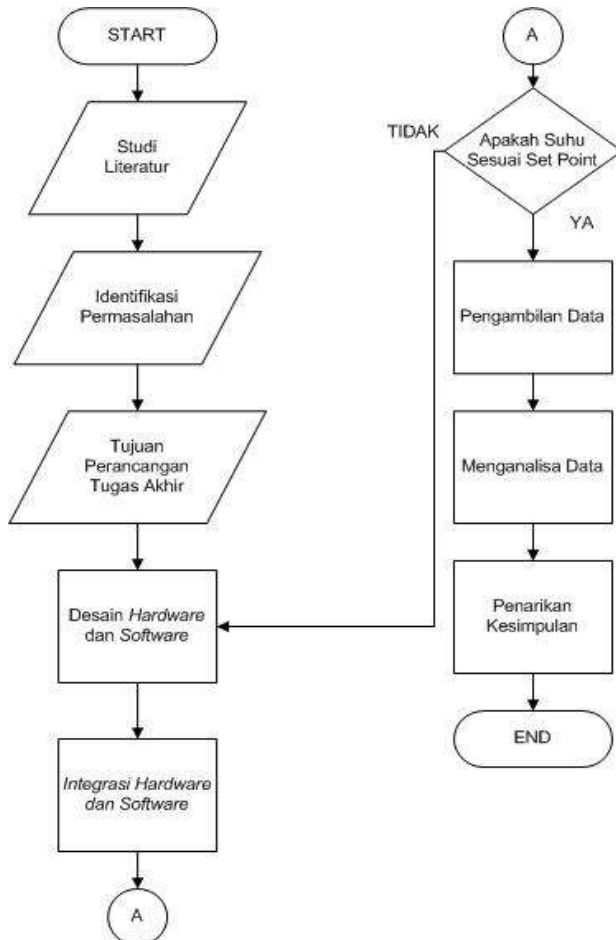
(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

3.1 Blok Diagram Perancangan Alat

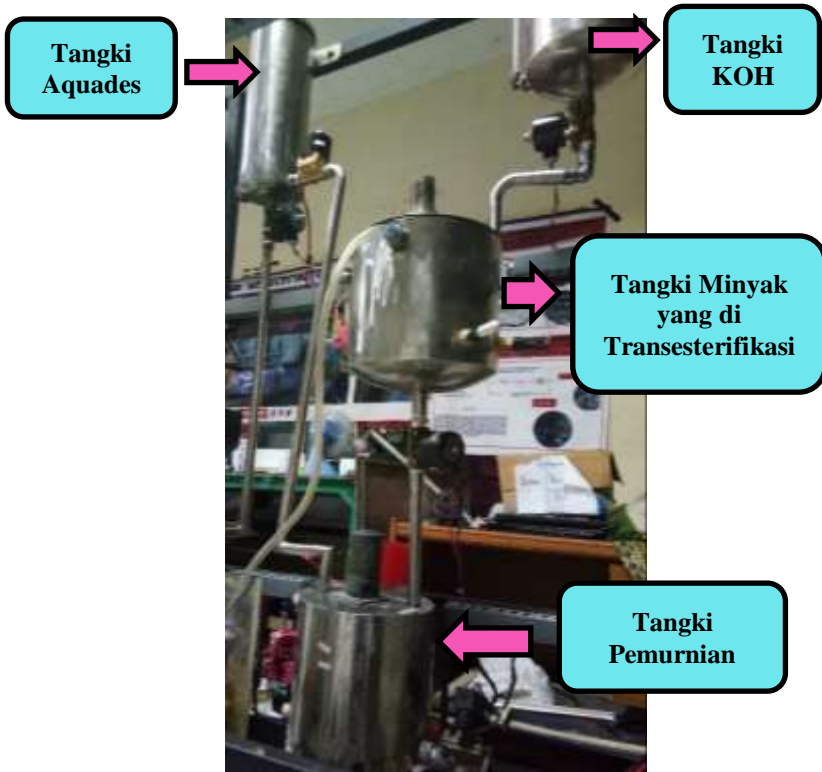
Konsep dasar perancangan dan pembuatan sistem pengendalian *temperature* dilakukan dengan tahap-tahap sebagai berikut.



Gambar 3.1. Blok diagram perancangan dan pembuatan alat

3.2 Perancangan Sistem Pengendalian *Temperature* Pada Unit *Mixing*

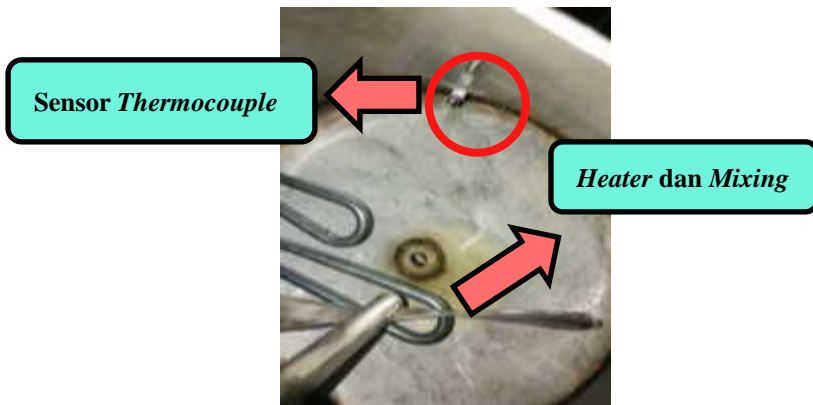
Pada perancangan sistem kontrol *plant temperature* pada tangki pencampuran *mini plant biodiesel*, mengatur variabel kontrol yaitu *temperature*.



Gambar 3.2. Rancangan *Plant Temperatur* Pada Tangki Pencampuran

Pada proses pemurnian *mini plant biodiesel* menggunakan input dari larutan (pencampuran *aquadest* dan minyak hasil pengolahan transesterifikasi) didapatkan dari tangki atas yang nantinya akan masuk ke tangki *mixing*. Pada tangki pemurnian terdapat minyak yang telah di transesterifikasi dan aquades yang

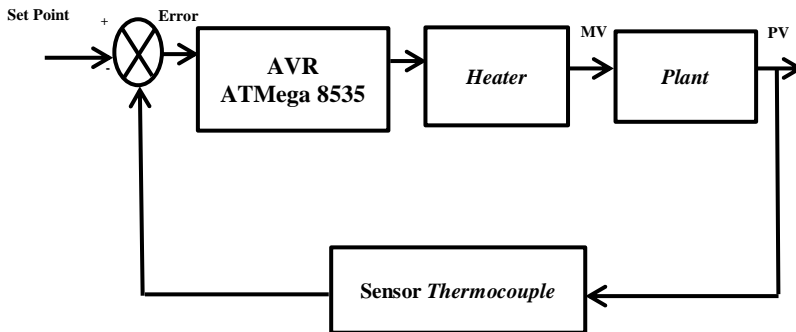
kemudian akan dideteksi oleh sensor *Thermocouple*. Sensor *Thermocouple* pada *plant* ini yaitu berfungsi untuk menampilkan pada display berupa LCD dan menampilkan temperatur pada tangki pencampuran serta untuk mengontrol kinerja heater, ketika *heater* harus berhenti (*off*) saat temperatur telah mencapai *set point* yang dibutuhkan dan ketika *heater* harus bekerja (*on*).



Gambar 3.3. Sensor *Thermocouple*

Dari sensor *Thermocouple* akan mengirimkan sinyal berupa sinyal analog menuju mikrokontroler AVR ATmega 8535 yang berfungsi sebagai *controller*. Pada mikrokontroler AVR ATmega 8535, data dari sensor akan diolah menjadi sinyal digital (ADC). Kemudian output dari ATmega 8535 akan mengaktifkan relay dan mengalirkan *output* tegangan sesuai dengan tegangan *input* yang dibutuhkan oleh *heater* sehingga *heater* dapat menyala. Jika data yang masuk ke mikrokontroler AVR ATmega 8535 lebih dari *set point* (65°C) maka *microcontroller* akan memerintahkan *heater* untuk berhenti (*off*), begitu juga sebaliknya. Jika data yang masuk ke *microcontroller* kurang dari *set point* (65°C) maka *microcontroller* akan memerintahkan *heater* untuk aktif (*on*). Rangkaian yang menyambungkan dari mikrokontroler AVR ATmega 8535 menuju *Heater* yaitu *comparator* dan *modul relay* yang berfungsi untuk mengalirkan tegangan yang dibutuhkan oleh

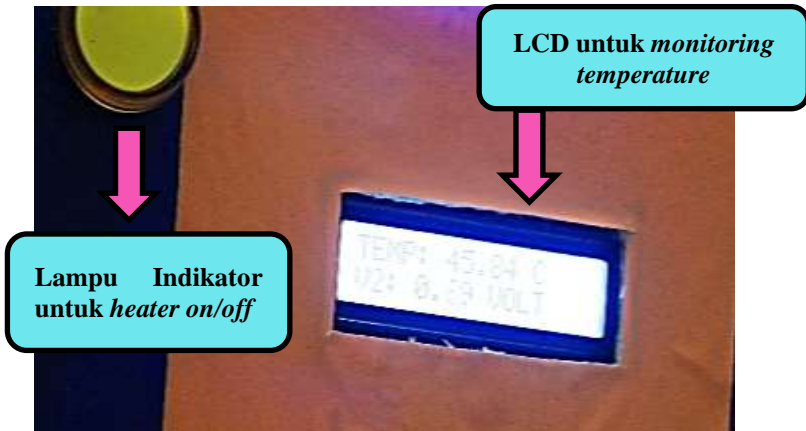
heater (220VAC) sehingga *heater* dapat aktif. Selain itu, peningkatan temperatur yang terjadi pada tangki akan ditampilkan melalui LCD 2 x 16. sensor *Thermocouple* diletakan di Pin Analog Output ATmega 8535, kemudian LCD diletakan di *Port D* ATmega 8535. Berikut merupakan diagram blok pengendalian temperatur :



Gambar 3.4. Diagram Blok Pengendalian *Temperature*

3.3 Perancangan *Local Control Unit (LCU)*

Perancangan LCU ini terdiri dari 2 bagian yaitu perancangan *hardware* dan *software*. Untuk perancangan *hardware* dimulai dari rancangan *plant* pengendalian *temperature*, *power supply*, rancangan sensor pada *plant* pengendalian *temperature*, rangkaian *microcontroller* AVR ATmega 8535 sebagai *controller*, rangkaian *modul relay* dan *relay*, dan penampilan data pada LCD. Untuk perancangan *software* dimulai dari perancangan *listing code* pada *software* AVR. Berikut merupakan gambar LCU pada pengendalian *temperature* tangki pencampuran pada *mini plant biodiesel*.



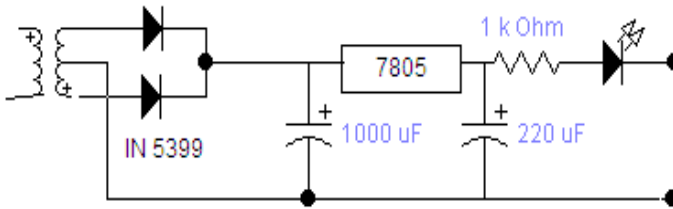
Gambar 3.5. *LCU Plant Pengendalian Temperature*

3.4 Perancangan *Hardware*

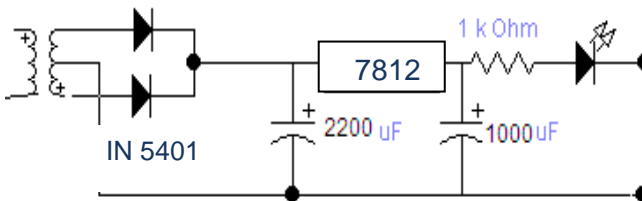
Dalam pembuatan *plant* pengendalian temperatur pada tangki perlu adanya perancangan *hardware* meliputi *power supply*, sensor, perancangan tangki, *microcontroller*, rangkaian *modul relay*, dan LCD.

3.4.1 Perancangan *Power Supply*

Dalam pembuatan rangkaian *power supply* terdapat beberapa komponen dalam perangkaian ini yaitu regulator yang mempunyai tegangan IC 7805 dan IC 7812. Regulator IC 7805 dan regulator IC 7812 dapat mengeluarkan tegangan 5 Volt dan 12 Volt DC. Untuk menghasilkan tegangan 5 Volt terdiri dari beberapa komponen yaitu, dioda IN 5399 yang merupakan dioda yang dapat melewatkan arus maksimal 2 A, kapasitor 1000 uF dan 220uF, serta IC 7805. Sedangkan dioda IN 5401 berfungsi untuk menghasilkan tegangan sebesar 12 Volt dengan arus maksimal 3 A. Selain itu, membutuhkan kapasitor 2200uF dan 1000uF, serta IC 7824. Dioda yang dipakai dalam rangkaian mempunyai fungsi yang spesifik yaitu untuk menjadikan sinyal AC sinusoidal yang melewatinya menjadi sinyal DC setengah gelombang (*half wave*).



Gambar 3.6. Rangkaian *Power Supply* 5 Volt



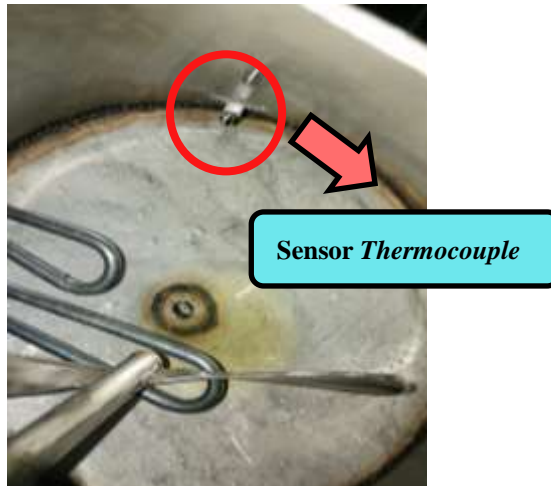
Gambar 3.7 Rangkaian *Power Supply* 12 Volt

Kapasitor mempunyai fungsi untuk memperhalus sinyal DC dari dioda. Kemudian sinyal DC keluaran dari kapasitor akan dimasukkan ke IC 7805, 7812. Hasil keluaran dari IC 7805 dan 7812 adalah tegangan 5 Volt dan 12 Volt.

3.4.2 Perancangan Sensor *Thermocouple* Tipe K

Sensor *Thermocouple* bekerja dengan cara sensor akan melakukan penginderaan pada saat perubahan temperatur setiap temperatur 1 °C menggunakan *module* MAX 6675 yang akan menjadi rangkaian pengkondisian sinyal yang akan dikirimkan menuju *microcontroller* ATmega 8535 yang di *display* oleh LCD. Prinsip kerja sensor *thermocouple* pada *plant* ini adalah ketika *temperature* yang dideteksi oleh sensor maka sensor *thermocouple* akan mengirimkan sinyal berupa sinyal *analog* menuju *microcontroller* yang berfungsi sebagai *controller*. Pada *microcontroller* ATmega 8535, data dari sensor akan diolah menjadi sinyal *digital* (ADC). Kemudian output dari ATmega 8535 akan mengaktifkan *relay* dan mengalirkan output tegangan sesuai dengan tegangan input yang dibutuhkan oleh *heater*

sehingga *heater* dapat menyala. Untuk memperjelas rangkaian sensor *thermocouple* dapat dilihat gambar dibawah ini.



Gambar 3.8. Penempatan Sensor *Thermocouple*

Sensor *thermocouple* berfungsi sebagai pendeteksi *temperature* tangki pemurnian (*mixing*) seperti pada gambar di atas dan ditampilkan pada LCD 2 X 16, sehingga *user* dapat mengetahui peningkatan dan penurunan *temperature* setiap detik atau menit. Selain itu, sensor *thermocouple* berfungsi untuk mengontrol *on/off heater*. Output dari sensor *thermocouple* akan masuk ke *microcontroller* sebagai input.

3.4.3 Modul relay

Fungsi dari *modul relay* adalah untuk konversi dari output keluaran ATmega 8535 menuju aktuator. Keluaran dari ATmega 8535 adalah 5V DC sedangkan yang dibutuhkan *heater* adalah tegangan 220 AC. Maka dari itu dibutuhkan *modul relay* untuk mengkonversi dari 5V DC menjadi 220 AC. Cara kerjanya adalah dengan memberikan VCC (5V DC) dan *ground* untuk menyalakan *modul relay*. Jika sudah yang dibutuhkan untuk menggerakkan

modul relay adalah 5V DC agar *relay* dapat berpindah dari NC menjadi NO.



Gambar 3.9. Rangkaian *Modul Relay*

3.4.4 Perancangan *Microcontroller* ATmega 8535

AVR merupakan seri mikrokontroler *CMOS* 8-bit buatan Atmel, berbasis arsitektur RISC (*reduced instruction set computer*) yang ditingkatkan. Hampir semua instruksi dieksekusi dalam satu siklus *clock*. AVR mempunyai 32 register *general-purpose*, *timer/counter* fleksibel dengan *mode compare*, *interrupt internal* dan *eksternal*, serial USART, *programmable Watchdog Timer*, dan *mode power saving*.

Mempunyai ADC dan *PWM internal*. AVR juga mempunyai *in-system programmable flash on-chip* yang memungkinkan memori program untuk diprogram ulang dalam sistem menggunakan hubungan serial SPI. ATmega 8535 adalah mikrokontroler CMOS 8-bit daya rendah berbasis arsitektur RISC yang ditingkatkan. Untuk lebih jelas tentang arsitektur dari ATmega 8535 ditunjukkan pada gambar 3.7 ATmega 8535 mempunyai *throughput* mendekati 1 MIPS per MHz membuat disainer sistem untuk mengoptimasi konsumsi daya versus kecepatan proses.

Perancangan *system minimum* mikrokontroler AVR ATmega 8535 dimaksudkan untuk mendapatkan suatu sistem kontrol yang sesuai dengan kebutuhan dan

menghubungkan mikrokontroler yang berisi alur program dengan peralatan lain yang dibutuhkan. Mikrokontroler berfungsi membangkitkan pulsa PWM yang digunakan untuk *switch* dan juga memberi informasi besarnya prosentase *duty cycle* untuk *switch* MOSFET pada rangkaian *buck converter*. Sedangkan untuk mendownload program dari PC ke mikrokontroler di gunakan rangkaian *downloader*. Jadi dari kedua diagram rangkaian diatas mikrokontroler sudah dapat digunakan untuk melakukan proses yang diperlukan.



Gambar 3.10 Perancangan ATmega 8535

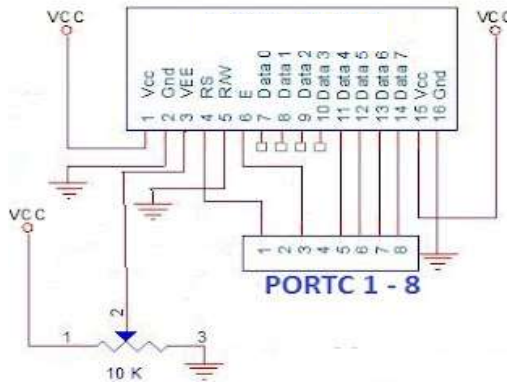
3.4.5 Perancangan *Display LCD (Liquid Crystal Display)*

LCD yang digunakan 2 baris x 16 kolom. LCD memiliki memori internal yang berisi definisi karakter sesuai dengan standar ASCII (CGROM – *Character Generator ROM*) dan memori sementara (RAM) yang bisa digunakan bila memerlukan karakter khusus (berkapasitas 8 karakter). RAM ini juga berfungsi untuk menyimpan karakter yang ingin ditampilkan di LCD.

Pin untuk LCD sendiri adalah pin pengisian data agar data dapat diterima dan diolah melalui *Microcontroller* ke LCD. Sebelum data dibaca oleh LCD maka data diisi oleh RS. Untuk pemrograman mikrokontroler menggunakan software atmel ISP yang merupakan *software* untuk *download* ke mikrokontroler.

Program yang kita tulis dalam *notepad* harus disimpan dalam ekstensi .asm dan kemudian dikonversikan dalam bentuk bilangan heksadesimal yang secara otomatis akan mengoreksi error

program. Bila *error* adalah nol maka program bisa di *download* menuju mikrokontroler.



Gambar 3.11. Koneksi LCD 2 X 16 ke *Microcontroller*

Berikut merupakan tampilan perancangan LCD pada uji sensor *Thermocouple* dimana pada rangkaian tersebut variabel temperatur yang ditampilkan.



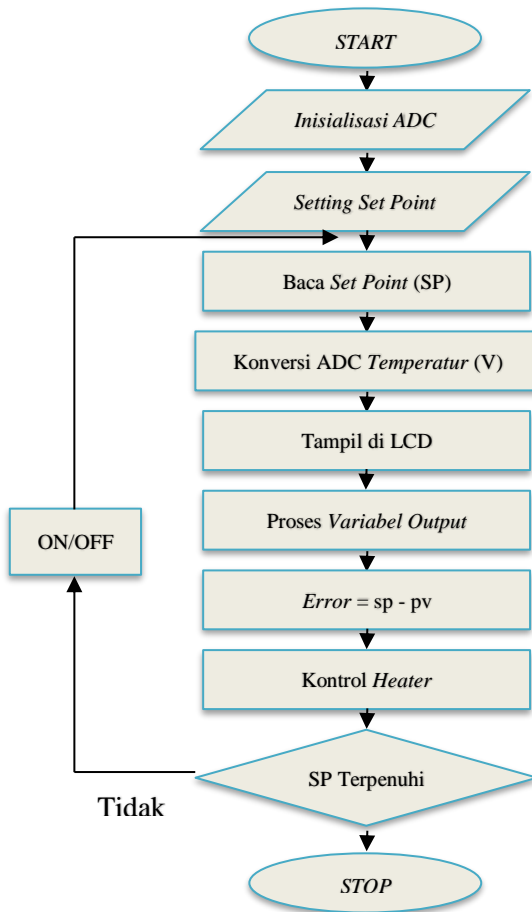
Gambar 3.12. Tampilan Perancangan LCD Pada Uji Coba Sensor *Thermocouple*

3.5 Perancangan Perangkat Lunak *Software*

Perancangan *software* yang digunakan pada tugas akhir ini yaitu *microcontroller* AVR ATMega 8535 yang dipakai dan disesuaikan dengan kondisi *hardware* yang digunakan. *Software* yang dipakai terdiri dari beberapa bagian pokok, yaitu :

1. *Software* yang dipakai untuk pembacaan *microcontroller*.
2. *Software* yang digunakan untuk pembacaan output dari sensor oleh *microcontroller* yang digunakan sebagai pengolah data.
3. *Software* penampil ke LCD.

Perancangan *software* digunakan untuk mendukung kerja dari perangkat keras (*hardware*). Pada proses pembuatan listing program menggunakan AVR.



Gambar 3.13 Diagram Alir Program

Diagram Alir diatas menjelaskan tentang perancangan *software* pada ATmega 8535 *microcontroller*. Input dari ADC

yang terdapat pada pin *analog read* yaitu dari *output* sensor *Thermocouple*. Kemudian dalam listing pemrograman dimasukkan *set point* temperatur yang telah ditentukan. Pin *analog read* yang mempunyai fasilitas ADC akan membaca dan mengkonversi menjadi temperatur pada tangki sesuai *set point* yaitu *set point* dengan *range temperature* antara 65°C yang kemudian akan ditampilkan melalui LCD 2 x 16. Dengan adanya pengukuran temperatur pada tangki melalui sensor *Thermocouple* dan *microcontroller* AVR ATMega 8535, data pengukuran yang dihasilkan akan terdapat *error* kemudian dibandingkan dengan temperatur yang sesuai dengan *set point*. Kemudian AVR ATMega 8535 *microcontroller* sebagai *controller* akan bekerja dan mengendalikan *heater* dengan mode *on-off* berdasarkan *set point* tertentu.

3.6 Prosedur Operasional

Pada pengendalian *temperature* dalam proses pemurnian dibutuhkan tiga komponen penting, yaitu *controller* yang berupa ATMega 8535, *Thermocouple* sebagai sensor, dan *heater* sebagai aktuator. Pengendalian temperatur akan berjalan sesuai dengan standar apabila proses pencampuran larutan minyak yang telah transesterifikasi dengan *aquadest* pada tangki *mixing* dapat berlangsung selama 15 menit sehingga temperatur harus terjaga dengan baik sesuai *set point*. Untuk mengendalikan temperatur agar selalu berada dalam *set point* maka dibutuhkan sensor *Thermocouple* yang terhubung pada ATMega 8535 sebagai *controller* untuk memberikan perintah dan mengendalikan aktuator dengan sistem *on/off*.

Apabila temperatur berada pada keadaan $>65^{\circ}\text{C}$ maka *controller* akan memberikan perintah untuk menghentikan *heater* dan sebaliknya, jika temperatur $<65^{\circ}\text{C}$ maka *controller* akan memberikan perintah untuk menyalakan *heater* kembali. Temperatur yang terjaga sesuai *set point* akan mempengaruhi pada konversi dari reaksi kimia pelarutan minyak biji nyamplung yang telah transesterifikasi dengan *aquadest* menjadi produk biodiesel yang murni terlepas dari sisa kontaminan yang terkandung dalam proses-proses sebelumnya. Proses pemurnian ini

berlangsung selama 3 kali pencucian dengan waktu 15 menit tiap kali pencuciannya. Pencucian dilakukan sebanyak 3 kali agar produk biodiesel yang dihasilkan nantinya dapat memiliki kualitas yang baik dan bersih dari sisa-sisa kontaminan. Setelah proses pemurnian yang berlangsung selama 45 menit, maka minyak biji nyampung ini akan menuju ke proses selanjutnya yaitu proses separasi *aquadest* dan minyak yang ada dalam tangki pemurnian.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV

PENGUJIAN DAN ANALISA DATA

4.1 Pengujian Alat

Pada bab ini menjelaskan tentang pengujian alat pada tangki pencampuran. Setelah dilakukan perancangan sistem pengendalian temperatur pada tangki pencampuran maka perlu dilakukan pengujian terhadap *hardware* dan *software* yang telah dibuat. Selanjutnya dilakukan analisa secara menyeluruh terhadap hasil pengujian. Pengujian ini perlu dilakukan untuk mengetahui performansi alat secara keseluruhan yaitu pada perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*).

Sistem kerja pada pengendalian temperatur tangki pemurnian *mini plant biodiesel process* bertujuan untuk menjaga temperatur dalam tangki pencampuran sesuai dengan *set point*. Pada pengendalian temperatur ini menggunakan sensor *Thermocouple* (*temperature sensor*) untuk mendeteksi temperatur ruangan pada tangki pemurnian. Keluaran *thermocouple* berupa tegangan yang kemudian masuk ke ADC pada kaki pin mikrokontroller sebagai kontroler dari sistem pengendalian temperatur. Mikrokontroler inilah yang memberikan perintah *on/off* ke aktuator melalui *relay* yang telah terhubung ke *heater* untuk memutus dan menyambungkan arus. Ketika temperatur dalam ruangan melebihi *set point* temperatur 65°C maka kontroler akan mematikan *heater*. Sebaliknya ketika temperatur kurang dari *set point* maka *controller* akan mengaktifkan *heater*.

4.2 Pengujian Sistem

Pada pengujian sistem ini dilakukan dengan cara memberikan sinyal *input* yang berupa *Proses Variable (PV)* yaitu temperatur yang berasal dari *heater*. Pengujian sistem menggunakan *set point* yang telah ditentukan untuk mengetahui lama waktu proses pencampuran larutan minyak dan aquades. Berikut adalah pengujian sistem pada unit pencampuran dengan pengukuran

perubahan temperatur yang terjadi dimulai dari temperatur ruangan sampai menuju *set point* sebesar 65⁰C selama 3 kali pencucian.

Tabel 4.1. Pengukuran Temperatur Pada *Set point* 65⁰C Loop ke-1

NO	<i>Set point</i> (°C)	<i>Temperature</i> (°C)	Waktu (menit)
1	65	55,3	0
2	65	55,8	1
3	65	56,16	2
4	65	56,8	3
5	65	57,8	4
6	65	58,1	5
7	65	59,2	6
8	65	60,2	7
9	65	61,1	8
10	65	62,77	9
11	65	63,7	10
12	65	64,3	11
13	65	64,8	12
14	65	65,3	13
15	65	65	14
16	65	65,2	15

Tabel 4.2. Pengukuran Temperatur Pada *Set point* 65⁰C Loop ke-2

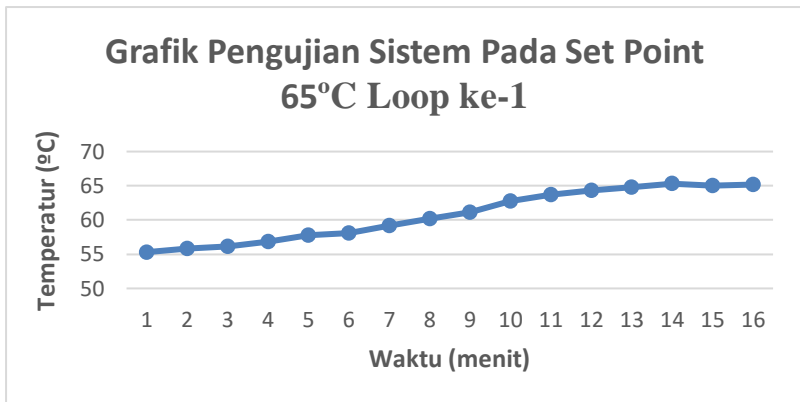
NO	<i>Set point</i> (°C)	<i>Temperature</i> (°C)	Waktu (menit)
1	65	55,2	0
2	65	55	1
3	65	56,9	2
4	65	56,7	3
5	65	57,3	4
6	65	58,94	5
7	65	59,52	6
8	65	60,7	7
9	65	61,5	8
10	65	62,78	9
11	65	63,89	10
12	65	64,52	11
13	65	64,79	12
14	65	65,1	13
15	65	65,74	14
16	65	65,3	15

Tabel 4.3. Pengukuran Temperatur Pada *Set point* 65°C Loop ke-3

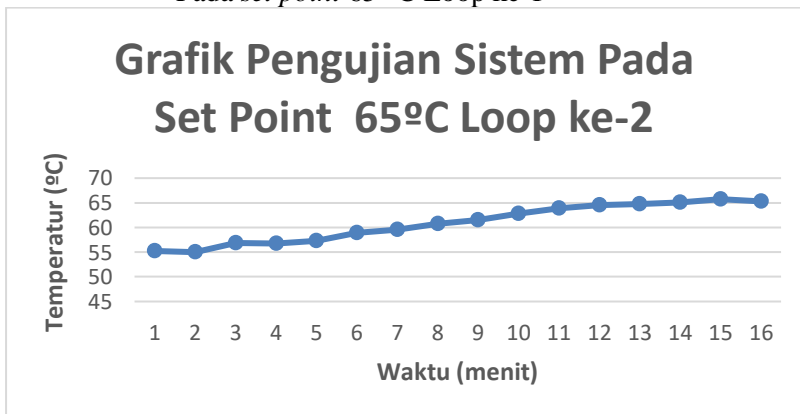
NO	<i>Set point</i> (°C)	<i>Temperature</i> (°C)	Waktu (menit)
1	65	55,32	0
2	65	55,1	1
3	65	56,23	2
4	65	56,78	3
5	65	57,3	4
6	65	58,53	5
7	65	59,42	6
8	65	60,43	7
9	65	61,5	8
10	65	62,7	9
11	65	63,3	10
12	65	64,52	11
13	65	64,8	12
14	65	65,3	13
15	65	65,1	14
16	65	65	15

Dari tabel diatas telah dilakukan pengujian pada plant tangki pemurnian dengan memberikan *set point* dengan temperatur yang telah ditentukan yaitu 65°C. Dengan cara mengukur perubahan temperatur yang terdapat pada tangki pencampuran dengan menggunakan sensor temokopel sebagai pendeteksi temperatur dalam cairan tangki pencampuran larutan minyak hasil transesterifikasi dan aquadest yang telah menghasilkan waktu kurang lebih 15 menit. Dengan begitu akan mudah untuk mengatur aktuatur yaitu *heater*. Apabila temperatur berada pada keadaan

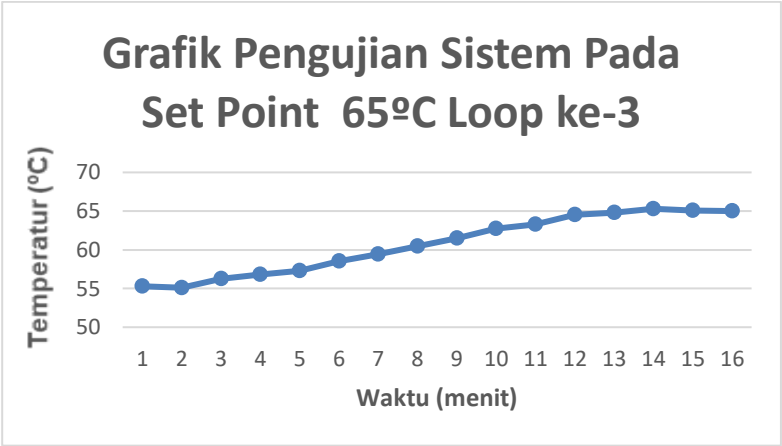
$>65^{\circ}\text{C}$ akan menghentikan *heater* dan jika temperatur $<65^{\circ}\text{C}$ akan menyalakan *heater* kembali. Proses pengendalian temperatur pada tangki pemurnian berlangsung selama 15 menit sehingga temperatur harus berada dalam *set point* selama 3 kali dikarenakan meminimalisir sisa-sisa kontaminan yang masih terkandung dalam minyak biodiesel kemudian akan masuk kedalam proses selanjutnya yaitu proses separasi.



Gambar 4.1. Grafik Perubahan Temperatur Terhadap Waktu Pada *set point* 65 °C Loop ke-1



Gambar 4.2. Grafik Perubahan Temperatur Terhadap Waktu Pada *set point* 65 °C Loop ke-2



Gambar 4.3. Grafik Perubahan Temperatur Terhadap Waktu Pada *set point* 65 °C Loop ke-3

Pada grafik diatas dapat diketahui data *ess* (*error steady state*) yaitu (*Output – set point*) sebagai berikut :

Tabel 4.4. Tabel Data *Error Steady State* (*ess*) dengan *Set point* 65°C Loop Ke-1

Data ke-	<i>Set point</i> (°C)	<i>Temperature</i> (°C) Pembacaan	<i>Ess</i> (<i>Error Steady State</i>)
14	65	65,3	0,3
15	65	65	0
16	65	65,2	0,2
Rata-rata Ess (<i>Error Steady State</i>)			0,167

Tabel 4.5. Tabel Data *Error Steady State (ess)* dengan *Set point* 65°C Loop Ke-2

Data ke-	<i>Set point</i> (°C)	<i>Temperature</i> (°C) Pembacaan	<i>Ess</i> (<i>Error Steady State</i>)
14	65	65,1	0,1
15	65	65,74	0,74
16	65	65,3	0,3
Rata-rata Ess (<i>Error Steady State</i>)			0,38

Tabel 4.6. Tabel Data *Error Steady State (ess)* dengan *Set point* 65°C Loop Ke-3

Data ke-	<i>Set point</i> (°C)	<i>Temperature</i> (°C) Pembacaan	<i>Ess</i> (<i>Error Steady State</i>)
14	65	65,3	0,3
15	65	65,1	0,1
16	65	65	0
Rata-rata Ess (<i>Error Steady State</i>)			0,13

Pada tabel di atas didapatkan bahwa rata-rata Ess (*Error Steady State*) pada pembacaan *set point* dengan rumus $Ess = pv - sv$ pada Loop ke-1 yaitu 0,167, untuk loop ke-2 didapatkan hasil rata-rata Ess (*Error Steady State*) 0,38 dan loop ke-3 dengan hasil rata-rata Ess (*Error Steady State*) sebesar 0,13.

4.2.5 Perhitungan Akurasi

Akurasi yaitu keterdekatan hasil pengukuran alat ukur terhadap harga sebenarnya. Perhitungan akurasi menggunakan rumus sebagai berikut :

$$A = 1 - \left| \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \right| \times 100\% \dots\dots\dots (4.1)$$

dengan :

A	=	Akurasi
Y_n	=	Nilai Sebenarnya (pembacaan sensor)
X_n	=	Nilai Pengukuran (pembacaan alat ukur standart)

Tabel 4.7 Data perhitungan akurasi

No.	Hasil Pengukuran		Perhitungan Akurasi
	Pembacaan <i>therocouple</i> (°C)	Pembacaan Termometer (°C)	
1	55	53	96,4%
2	58	56	96,4%
3	60	59	98,2%
4	62	61	98,2%
5	65	63	96,4%
Rata-rata akurasi relatif			97,12%

4.2.6 Perhitungan *Maximum Overshoot* (M_p)

Maximum Overshoot merupakan nilai relatif yang menyatakan perbandingan harga maksimum respon yang melampaui harga *steady state* dibanding dengan nilai *steady state*. Perhitungan *Maximum Overshoot* menggunakan rumus sebagai berikut :

$$M_p = \left| \frac{Max_{point} - Set_{point}}{Set_{point}} \right| \times 100\% \dots\dots\dots(4.2)$$

dengan :

M_p = *Maximum Overshoot*

Max_{point} = Nilai Maksimum Pembacaan

Set_{point} = Nilai Yang Di Inginkan

Dengan rumus di atas, maka didapatkan nilai *Maximum Overshoot* (M_p) pada loop ke-1 sebesar 0,46 % kemudian pada loop ke-2 didapatkan M_p sebesar 1,13 % dan pada loop ke-3 nilai M_p sebesar 0,46 %.

4.3 Analisa Data

Pada tugas akhir ini membahas mengenai rancang bangun sistem pengendalian *temperature* dalam proses transesterifikasi pada *mini plant* biodiesel proses ini pengujian sistem menggunakan *set point* untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan dalam proses pemurnian dengan mencampurkan antara larutan minyak biji nyamplung yang telah mengalami proses transesterifikasi dan aquades yaitu dengan *set point* 65°C. Pengambilan data dilakukan dengan mengamati perubahan *temperature* setiap 1 menit sekali.

Pada pengujian sistem dengan *set point* 65°C dibutuhkan waktu 13 menit untuk mencapai *set point*. Proses pemurnian ini berlangsung selama 3 kali pencucian dengan waktu 15 menit tiap kali pencuciannya. Pencucian dilakukan sebanyak 3 kali agar produk biodiesel yang dihasilkan nantinya dapat memiliki kualitas yang baik dan bersih dari sisa-sisa kontaminan. Selain itu, pada proses ini telah didapatkan data dan dilakukan pengolahan nilai rata-rata *ess (error steady state)* yaitu (*Output – Set point*) sehingga, diketahui bahwa rata-rata *Ess* pada Loop ke-1 yaitu 0,167, untuk loop ke-2 didapatkan hasil rata-rata *Ess* 0,38 dan loop ke-3 dengan hasil rata-rata *ess* sebesar 0,13.

Pada sistem yang dilakukan menunjukkan bahwa variabel *temperature* pada proses pemurnian merupakan faktor yang sangat penting untuk dikontrol sehingga *temperature* harus berada dalam *set point*. *Set point* proses pencucian yang digunakan ialah temperatur 65° C bertujuan untuk mencegah pengendapan ester asam lemak jenuh dan untuk memperlambat pembentukan emulsi. Karena, methanol dan gliserol memiliki sifat sangat larut dalam aquades. Saat proses pencucian, methanol berikatan dengan aquades karena keduanya merupakan senyawa polar, sehingga kontaminan dalam biodiesel dapat terpisah dari biodiesel dan terikut dengan air. Berdasarkan pengambilan data yang telah diperoleh pada tugas akhir ini, kemudian dihitung tingkat keakurasian sistem didapatkan bahwa sistem mempunyai akurasi sebesar 97,12% dengan nilai masing-masing *Maximum Overshoot*

(M_p) pada masing-masing loop yaitu loop ke-1 sebesar 0,46 % , loop ke-2 sebesar 1,13% dan loop ke-3 sebesar 0,46%.

Kendala yang didapatkan dalam pengujian data adalah pengambilan data *temperature* secara manual dan otomatis, karena pada saat pengambilan data secara manual dan otomatis terdapat perbedaan dari data dan uji sensor sehingga diperlukan pengujian data dengan sangat teliti dan pembacaan sensor sering kali mengacak, sehingga perlu ditambahkan kapasitor pada rangkaian pengkondisian sinyal pada sensor yaitu pada MAX 6675.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Pada Tugas Akhir ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Telah dirancang alat pengendalian temperatur dengan menggunakan sensor temperatur *thermocuple* Type K, mikrokontroler ATmega 8535 sebagai kontroler serta *heater* sebagai aktuator dengan prosedur kerja dilakukannya proses pencucian untuk produk biodiesel ini sebanyak 3 kali pencucian.
2. Pada hasil percobaan dengan *set point* temperatur sebesar 65°C diperoleh saat menit ke 13 dengan rata-rata Ess (*Error Steady State*) pada Loop ke-1 yaitu 0,167, untuk loop ke-2 didapatkan hasil rata-rata Ess 0,38 dan loop ke-3 dengan hasil rata-rata ess sebesar 0,13 serta untuk menghasilkan proses pemurnian yang ideal dibutuhkan waktu selama 45 menit untuk 3 kali pencucian. Setelah pengambilan data, kemudian dihitung tingkat keakurasian sistem didapatkan bahwa sistem mempunyai akurasi sebesar 97,12% dengan nilai masing-masing *Maximum Overshoot (Mp)* pada masing-masing loop yaitu loop ke-1 sebesar 0,46 % , loop ke-2 sebesar 1,13% dan loop ke-3 sebesar 0,46%.

5.2 Saran

Pada tugas akhir sistem pengendalian temperature pada larutan pencampuran minyak hasil proses transesterifikasi dan aquades terdapat beberapa saran yaitu :

1. Perlu dilakukan kalibrasi ulang terhadap sensor *Thermocouple Type K* yang terpasang pada tangki pemurnian agar kualitas pembacaan sensor lebih akurat dan linear.
2. Pada tangki pemurnian ini merupakan tahap akhir untuk menghasilkan produk biodiesel, sehingga perlu ditambahkan *SIS (Safety Instrumented System)* untuk mengetahui bahwa biodiesel telah mengalami 3 kali pencucian dan selesai diproses.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hadi, Wahyudi Anggoro, 2009, Pemanfaatan Minyak Biji Nyamplung (*Calophyllum Inophyllum* L.) Sebagai Bahan Bakar Minyak Pengganti Solar, Jurnal Riset Daerah Vol. VIII No.2.
- [2] Tanpa Nama. Tanpa Tahun. **Nyamplung**,
<<http://www.litbang.pertanian.go.id/buku/bahan-bakar-nabati/nyamplung.pdf>>.
- [3] Tanpa Nama. Tanpa Tahun. **Bab I Pendahuluan**,
<<http://repository.usu.ac.id/bitstream/handle/123456789/45520/Chapter%20I.pdf?sequence=5>>.
- [4] Tanpa Nama. Tanpa Tahun. **Bab II Tinjauan Pustaka**,
<<http://etd.repository.ugm.ac.id/downloadfile/92771/.../S1-2016-319065-introduction.pdf>>
- [5] Tanpa Nama. Tanpa Tahun. **Bab II Tinjauan Pustaka**,
<<http://e-journal.uajy.ac.id/2667/3/2BL01004.pdf>>
- [6] Albert, P, Malvino. *Prinsip-prinsip Dasar Elektronika*. Penerbit Erlangga. 1994.
- [7] Mismail, Budiono, 1981. Rangkaian Listrik, Malang : Universitas Brawijaya.
- [8] Ayuning Tyas, ITS, Rancang Bangun Sistem Monitoring Suhu Specimen *Heater* pada *Heat Exchanger*, Surabaya 2013
- [9] Susanto, Dimas., 2009. “Pemrograman Mikrokontroller AVR ATmega8535 dan LCD Board 2x16”. Bandung.
- [10] Wicaksono, Handy., Tanpa Tahun. “*Relay-Prinsip dan Aplikasi*”, Teknik Elektro. Universitas Kristen Petra.

DATA SHEET ATMEGA 8535

Features

- High-performance, Low-power AVR® 8-bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
 - 130 Powerful Instructions – Most Single Clock Cycle Execution
 - 32 x 8 General Purpose Working Registers
 - Fully Static Operation
 - Up to 16 MIPS Throughput at 16 MHz
 - On-chip 2-cycle Multiplier
- Nonvolatile Program and Data Memories
 - 8K Bytes of In-System Self-Programmable Flash
 - Endurance: 10,000 Write/Erase Cycles
 - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
 - In-System Programming by On-chip Boot Program
 - True Read-While-Write Operation
 - 512 Bytes EEPROM
 - Endurance: 100,000 Write/Erase Cycles
 - 512 Bytes Internal SRAM
 - Programming Lock for Software Security
- Peripheral Features
 - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescalers and Compare Modes
 - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
 - Real Time Counter with Separate Oscillator
 - Four PWM Channels
 - 8-channel, 10-bit ADC
 - 6 Single-ended Channels
 - 7 Differential Channels for TQFP Package Only
 - 2 Differential Channels with Programmable Gain at 1x, 10x, or 20x for TQFP Package Only
 - Byte-oriented Two-wire Serial Interface
 - Programmable Serial USART
 - Master/Slave SPI Serial Interface
 - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
 - On-chip Analog Comparator
- Special Microcontroller Features
 - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
 - Internal Calibrated RC Oscillator
 - External and Internal Interrupt Sources
 - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby and Extended Standby
- I/O and Packages
 - 32 Programmable I/O Lines
 - 40-pin PDIP, 44-lead TQFP, 44-lead PLCC, and 44-pin QFN/MLF
- Operating Voltages
 - 2.7 - 5.5V for ATmega8535L
 - 4.5 - 5.5V for ATmega8535
- Speed Grades
 - 0 - 8 MHz for ATmega8535L
 - 0 - 16 MHz for ATmega8535



**8-bit AVR®
Microcontroller
with 8K Bytes
In-System
Programmable
Flash**

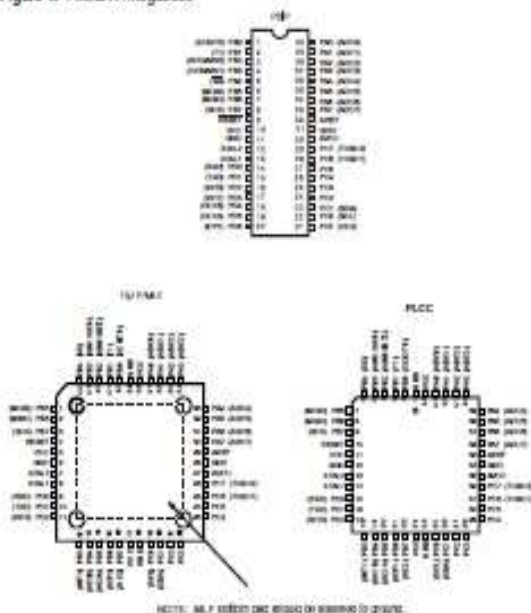
**ATmega8535
ATmega8535L**





Pin Configurations

Figure 1. Pinout ATmega8535



Disclaimer

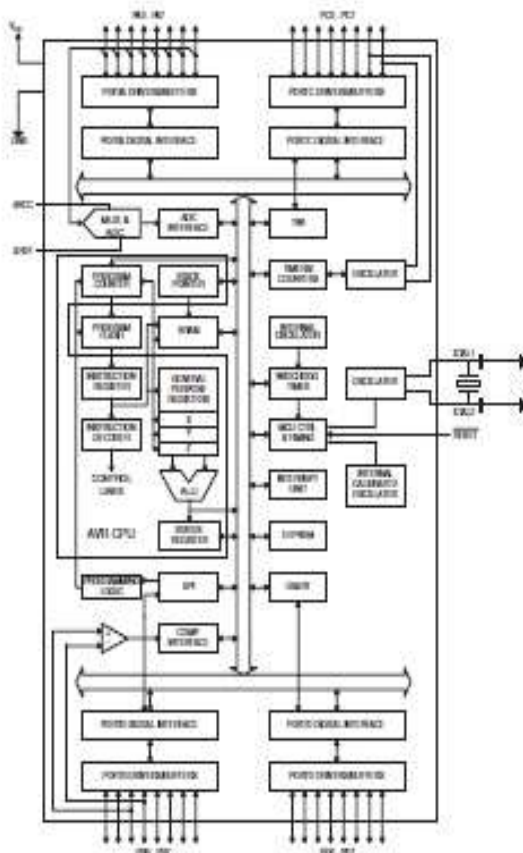
Typical values contained in this data sheet are based on simulations and characterization of other AVR microcontrollers manufactured on the same process technology. Min and Max values will be available after the device is characterized.

Overview

The ATmega8535 is a low-power CMOS 8-bit microcontroller based on the AVR enhanced RISC architecture. By executing instructions in a single clock cycle, the ATmega8535 achieves throughput approaching 1 MIPS per MHz allowing the system designer to optimize power consumption versus processing speed.

Block Diagram

Figure 2. Block Diagram

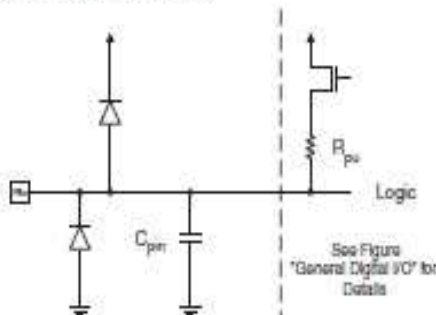


I/O-Ports

Introduction

All AVR ports have true Read-Modify-Write functionality when used as general digital I/O ports. This means that the direction of one port pin can be changed without unintentionally changing the direction of any other pin with the SBI and CBI instructions. The same applies when changing drive value (if configured as output) or enabling/disabling of pull-up resistors (if configured as input). Each output buffer has symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. The pin driver is strong enough to drive LED displays directly. All port pins have individually selectable pull-up resistors with a supply-voltage invariant resistance. All I/O pins have protection diodes to both V_{CC} and Ground as indicated in Figure 22. Refer to "Electrical Characteristics" on page 255 for a complete list of parameters.

Figure 22. I/O Pin Equivalent Schematic



All registers and bit references in this section are written in general form. A lower case "x" represents the numbering letter for the port, and a lower case "n" represents the bit number. However, when using the register or bit defines in a program, the precise form must be used. For example, PORTB3 for bit no. 3 in Port B, here documented generally as PORTx. The physical I/O Registers and bit locations are listed in "Register Description for I/O-Ports" on page 66.

Three I/O memory address locations are allocated for each port, one each for the Data Register – PORTx, Data Direction Register – DDRx, and the Port Input Pins – PINx. The Port Input Pins I/O location is read only, while the Data Register and the Data Direction Register are read/write. In addition, the Pull-up Disable – PUD bit in SFIOR disables the pull-up function for all pins in all ports when set.

Using the I/O port as General Digital I/O is described in "Ports as General Digital I/O" on page 52. Most port pins are multiplexed with alternate functions for the peripheral features on the device. How each alternate function interferes with the port pin is described in "Alternate Port Functions" on page 57. Refer to the individual module sections for a full description of the alternate functions.

Note that enabling the alternate function of some of the port pins does not affect the use of the other pins in the port as general digital I/O.

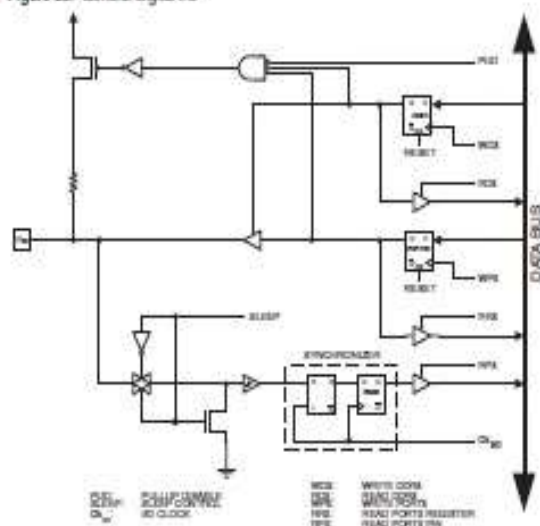




Ports as General Digital I/O

The ports are bi-directional I/O ports with optional internal pull-ups. Figure 23 shows a functional description of one I/O-port pin, here generically called Pxn.

Figure 23. General Digital I/O⁽¹⁾



Note: 1. WPx, WQx, RRx, RPx, and RDx are common to all pins within the same port. clk_{IO} , SLEEP, and PUD are common to all ports.

Configuring the Pin

Each port pin consists of three register bits: DDxn, PORTxn, and PINxn. As shown in "Register Description for I/O-Ports" on page 86, the DDxn bits are accessed at the DDRx I/O address, the PORTxn bits at the PORTx I/O address, and the PINxn bits at the PINx I/O address.

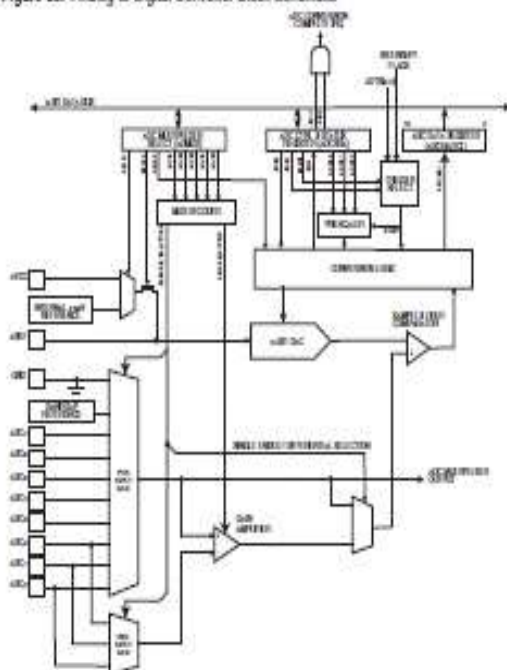
The DDxn bit in the DDRx Register selects the direction of this pin. If DDxn is written logic one, Pxn is configured as an output pin. If DDxn is written logic zero, Pxn is configured as an input pin.

If PORTxn is written a logic one when the pin is configured as an input pin, the pull-up resistor is activated. To switch the pull-up resistor off, PORTxn has to be written logic zero or the pin has to be configured as an output pin. The port pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if no clocks are running.

If PORTxn is written a logic one when the pin is configured as an output pin, the port pin is driven high (one). If PORTxn is written a logic zero when the pin is configured as an output pin, the port pin is driven low (zero).

When switching between tri-state ($DDxn, PORTxn = 0b00$) and output high ($DDxn, PORTxn = 0b11$), an intermediate state with either pull-up enabled ($DDxn, PORTxn =$

Figure 98. Analog-to-Digital Converter Block Schematic



Operation

The ADC converts an analog input voltage to a 10-bit digital value through successive approximation. The minimum value represents GND and the maximum value represents the voltage on the AREF pin minus 1 LSB. Optionally, AVCC or an internal 2.56V reference voltage may be connected to the AREF pin by writing to the REFSn bits in the ADMUX Register. The internal voltage reference may thus be decoupled by an external capacitor at the AREF pin to improve noise immunity.

The analog input channel and differential gain are selected by writing to the MUX bits in ADMUX. Any of the ADC input pins, as well as GND and a fixed bandgap voltage reference, can be selected as single ended inputs to the ADC. A selection of ADC input pins can be selected as positive and negative inputs to the differential gain amplifier.

If differential channels are selected, the differential gain stage amplifies the voltage difference between the selected input channel pair by the selected gain factor. This amplified value then becomes the analog input to the ADC. If single ended channels are used, the gain amplifier is bypassed altogether.



DATASHEET SENSOR THERMOCOUPLE TYPE-K

Datasheet Sensor Thermocouple Type K

MAXIMUM TEMPERATURE RANGE
 Thermocouple Grade
 -320 to 2200°F
 -200 to 1250°C
 Extension Grade
 32 to 762°F
 0 to 700°C
LIMITS OF ERROR
 (whichsoever is greater)
 Standard: 2.2°C or 0.75% Above 0°C
 2.2°C or 2.0% Below 0°C
 Special: 1.1°C or 0.4%
COMMENTS, BARE WIRE ENVIRONMENT:
 Clean Drying and Inert Limited Use in
 Vacuum or Reducing Wide Temperature
 Range Most Popular Calibration
TEMPERATURE IN DEGREES °C
REFERENCE JUNCTION AT 0°C

°C
 Nickel-Chromium
 vs.
 Nickel-Aluminum

OMEGA
 Revised Thermocouple Reference Tables
TYPE K
 Reference
 Tables
 NIST
 Monograph 175
 Revised to
 ITS-90

ANSI color code
 IEC color code

Thermoelectric Voltage in Millivolts

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99																																																																						
0	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18	0.19	0.20	0.21	0.22	0.23	0.24	0.25	0.26	0.27	0.28	0.29	0.30	0.31	0.32	0.33	0.34	0.35	0.36	0.37	0.38	0.39	0.40	0.41	0.42	0.43	0.44	0.45	0.46	0.47	0.48	0.49	0.50	0.51	0.52	0.53	0.54	0.55	0.56	0.57	0.58	0.59	0.60	0.61	0.62	0.63	0.64	0.65	0.66	0.67	0.68	0.69	0.70	0.71	0.72	0.73	0.74	0.75	0.76	0.77	0.78	0.79	0.80	0.81	0.82	0.83	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88	0.89	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	1.00																																																																					
100	0.69	0.68	0.67	0.66	0.65	0.64	0.63	0.62	0.61	0.60	0.59	0.58	0.57	0.56	0.55	0.54	0.53	0.52	0.51	0.50	0.49	0.48	0.47	0.46	0.45	0.44	0.43	0.42	0.41	0.40	0.39	0.38	0.37	0.36	0.35	0.34	0.33	0.32	0.31	0.30	0.29	0.28	0.27	0.26	0.25	0.24	0.23	0.22	0.21	0.20	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.01	0.00	-0.01	-0.02	-0.03	-0.04	-0.05	-0.06	-0.07	-0.08	-0.09	-0.10	-0.11	-0.12	-0.13	-0.14	-0.15	-0.16	-0.17	-0.18	-0.19	-0.20	-0.21	-0.22	-0.23	-0.24	-0.25	-0.26	-0.27	-0.28	-0.29	-0.30	-0.31	-0.32	-0.33	-0.34	-0.35	-0.36	-0.37	-0.38	-0.39	-0.40	-0.41	-0.42	-0.43	-0.44	-0.45	-0.46	-0.47	-0.48	-0.49	-0.50	-0.51	-0.52	-0.53	-0.54	-0.55	-0.56	-0.57	-0.58	-0.59	-0.60	-0.61	-0.62	-0.63	-0.64	-0.65	-0.66	-0.67	-0.68	-0.69	-0.70	-0.71	-0.72	-0.73	-0.74	-0.75	-0.76	-0.77	-0.78	-0.79	-0.80	-0.81	-0.82	-0.83	-0.84	-0.85	-0.86	-0.87	-0.88	-0.89	-0.90	-0.91	-0.92	-0.93	-0.94	-0.95	-0.96	-0.97	-0.98	-0.99	-1.00
200	0.69	0.68	0.67	0.66	0.65	0.64	0.63	0.62	0.61	0.60	0.59	0.58	0.57	0.56	0.55	0.54	0.53	0.52	0.51	0.50	0.49	0.48	0.47	0.46	0.45	0.44	0.43	0.42	0.41	0.40	0.39	0.38	0.37	0.36	0.35	0.34	0.33	0.32	0.31	0.30	0.29	0.28	0.27	0.26	0.25	0.24	0.23	0.22	0.21	0.20	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.01	0.00	-0.01	-0.02	-0.03	-0.04	-0.05	-0.06	-0.07	-0.08	-0.09	-0.10	-0.11	-0.12	-0.13	-0.14	-0.15	-0.16	-0.17	-0.18	-0.19	-0.20	-0.21	-0.22	-0.23	-0.24	-0.25	-0.26	-0.27	-0.28	-0.29	-0.30	-0.31	-0.32	-0.33	-0.34	-0.35	-0.36	-0.37	-0.38	-0.39	-0.40	-0.41	-0.42	-0.43	-0.44	-0.45	-0.46	-0.47	-0.48	-0.49	-0.50	-0.51	-0.52	-0.53	-0.54	-0.55	-0.56	-0.57	-0.58	-0.59	-0.60	-0.61	-0.62	-0.63	-0.64	-0.65	-0.66	-0.67	-0.68	-0.69	-0.70	-0.71	-0.72	-0.73	-0.74	-0.75	-0.76	-0.77	-0.78	-0.79	-0.80	-0.81	-0.82	-0.83	-0.84	-0.85	-0.86	-0.87	-0.88	-0.89	-0.90	-0.91	-0.92	-0.93	-0.94	-0.95	-0.96	-0.97	-0.98	-0.99	-1.00
300	0.69	0.68	0.67	0.66	0.65	0.64	0.63	0.62	0.61	0.60	0.59	0.58	0.57	0.56	0.55	0.54	0.53	0.52	0.51	0.50	0.49	0.48	0.47	0.46	0.45	0.44	0.43	0.42	0.41	0.40	0.39	0.38	0.37	0.36	0.35	0.34	0.33	0.32	0.31	0.30	0.29	0.28	0.27	0.26	0.25	0.24	0.23	0.22	0.21	0.20	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.01	0.00	-0.01	-0.02	-0.03	-0.04	-0.05	-0.06	-0.07	-0.08	-0.09	-0.10	-0.11	-0.12	-0.13	-0.14	-0.15	-0.16	-0.17	-0.18	-0.19	-0.20	-0.21	-0.22	-0.23	-0.24	-0.25	-0.26	-0.27	-0.28	-0.29	-0.30	-0.31	-0.32	-0.33	-0.34	-0.35	-0.36	-0.37	-0.38	-0.39	-0.40	-0.41	-0.42	-0.43	-0.44	-0.45	-0.46	-0.47	-0.48	-0.49	-0.50	-0.51	-0.52	-0.53	-0.54	-0.55	-0.56	-0.57	-0.58	-0.59	-0.60	-0.61	-0.62	-0.63	-0.64	-0.65	-0.66	-0.67	-0.68	-0.69	-0.70	-0.71	-0.72	-0.73	-0.74	-0.75	-0.76	-0.77	-0.78	-0.79	-0.80	-0.81	-0.82	-0.83	-0.84	-0.85	-0.86	-0.87	-0.88	-0.89	-0.90	-0.91	-0.92	-0.93	-0.94	-0.95	-0.96	-0.97	-0.98	-0.99	-1.00
400	0.69	0.68	0.67	0.66	0.65	0.64	0.63	0.62	0.61	0.60	0.59	0.58	0.57	0.56	0.55	0.54	0.53	0.52	0.51	0.50	0.49	0.48	0.47	0.46	0.45	0.44	0.43	0.42	0.41	0.40	0.39	0.38	0.37	0.36	0.35	0.34	0.33	0.32	0.31	0.30	0.29	0.28	0.27	0.26	0.25	0.24	0.23	0.22	0.21	0.20	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.01	0.00	-0.01	-0.02	-0.03	-0.04	-0.05	-0.06	-0.07	-0.08	-0.09	-0.10	-0.11	-0.12	-0.13	-0.14	-0.15	-0.16	-0.17	-0.18	-0.19	-0.20	-0.21	-0.22	-0.23	-0.24	-0.25	-0.26	-0.27	-0.28	-0.29	-0.30	-0.31	-0.32	-0.33	-0.34	-0.35	-0.36	-0.37	-0.38	-0.39	-0.40	-0.41	-0.42	-0.43	-0.44	-0.45	-0.46	-0.47	-0.48	-0.49	-0.50	-0.51	-0.52	-0.53	-0.54	-0.55	-0.56	-0.57	-0.58	-0.59	-0.60	-0.61	-0.62	-0.63	-0.64	-0.65	-0.66	-0.67	-0.68	-0.69	-0.70	-0.71	-0.72	-0.73	-0.74	-0.75	-0.76	-0.77	-0.78	-0.79	-0.80	-0.81	-0.82	-0.83	-0.84	-0.85	-0.86	-0.87	-0.88	-0.89	-0.90	-0.91	-0.92	-0.93	-0.94	-0.95	-0.96	-0.97	-0.98	-0.99	-1.00
500	0.69	0.68	0.67	0.66	0.65	0.64	0.63	0.62	0.61	0.60	0.59	0.58	0.57	0.56	0.55	0.54	0.53	0.52	0.51	0.50	0.49	0.48	0.47	0.46	0.45	0.44	0.43	0.42	0.41	0.40	0.39	0.38	0.37	0.36	0.35	0.34	0.33	0.32	0.31	0.30	0.29	0.28	0.27	0.26	0.25	0.24	0.23	0.22	0.21	0.20	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.01	0.00	-0.01	-0.02	-0.03	-0.04	-0.05	-0.06	-0.07	-0.08	-0.09	-0.10	-0.11	-0.12	-0.13	-0.14	-0.15	-0.16	-0.17	-0.18	-0.19	-0.20	-0.21	-0.22	-0.23	-0.24	-0.25	-0.26	-0.27	-0.28	-0.29	-0.30	-0.31	-0.32	-0.33	-0.34	-0.35	-0.36	-0.37	-0.38	-0.39	-0.40	-0.41	-0.42	-0.43	-0.44	-0.45	-0.46	-0.47	-0.48	-0.49	-0.50	-0.51	-0.52	-0.53	-0.54	-0.55	-0.56	-0.57	-0.58	-0.59	-0.60	-0.61	-0.62	-0.63	-0.64	-0.65	-0.66	-0.67	-0.68	-0.69	-0.70	-0.71	-0.72	-0.73	-0.74	-0.75	-0.76	-0.77	-0.78	-0.79	-0.80	-0.81	-0.82	-0.83	-0.84	-0.85	-0.86	-0.87	-0.88	-0.89	-0.90	-0.91	-0.92	-0.93	-0.94	-0.95	-0.96	-0.97	-0.98	-0.99	-1.00
600	0.69	0.68	0.67	0.66	0.65	0.64	0.63	0.62	0.61	0.60	0.59	0.58	0.57	0.56	0.55	0.54	0.53	0.52	0.51	0.50	0.49	0.48	0.47	0.46	0.45	0.44	0.43	0.42	0.41	0.40	0.39	0.38	0.37	0.36	0.35	0.34	0.33	0.32	0.31	0.30	0.29	0.28	0.27	0.26	0.25	0.24	0.23	0.22	0.21	0.20	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.01	0.00	-0.01	-0.02	-0.03	-0.04	-0.05	-0.06	-0.07	-0.08	-0.09	-0.10	-0.11	-0.12	-0.13	-0.14	-0.15	-0.16	-0.17	-0.18	-0.19	-0.20	-0.21	-0.22	-0.23	-0.24	-0.25	-0.26	-0.27	-0.28	-0.29	-0.30	-0.31	-0.32	-0.33	-0.34	-0.35	-0.36	-0.37	-0.38	-0.39	-0.40	-0.41	-0.42	-0.43	-0.44	-0.45	-0.46	-0.47	-0.48	-0.49	-0.50	-0.51	-0.52	-0.53	-0.54	-0.55	-0.56	-0.57	-0.58	-0.59	-0.60	-0.61	-0.62	-0.63	-0.64	-0.65	-0.66	-0.67	-0.68	-0.69	-0.70	-0.71	-0.72	-0.73	-0.74	-0.75	-0.76	-0.77	-0.78	-0.79	-0.80	-0.81	-0.82	-0.83	-0.84	-0.85	-0.86	-0.87	-0.88	-0.89	-0.90	-0.91	-0.92	-0.93	-0.94	-0.95	-0.96	-0.97	-0.98	-0.99	-1.00
700	0.69	0.68	0.67	0.66	0.65	0.64	0.63	0.62	0.61	0.60	0.59	0.58	0.57	0.56	0.55	0.54	0.53	0.52	0.51	0.50	0.49	0.48	0.47	0.46	0.45	0.44	0.43	0.42	0.41	0.40	0.39	0.38	0.37	0.36	0.35	0.34	0.33	0.32	0.31	0.30	0.29	0.28	0.27	0.26	0.25	0.24	0.23	0.22	0.21	0.20	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.01	0.00	-0.01	-0.02	-0.03	-0.04	-0.05	-0.06	-0.07	-0.08	-0.09	-0.10	-0.11	-0.12	-0.13	-0.14	-0.15	-0.16	-0.17	-0.18	-0.19	-0.20	-0.21	-0.22	-0.23	-0.24	-0.25	-0.26	-0.27	-0.28	-0.29	-0.30	-0.31	-0.32	-0.33	-0.34	-0.35	-0.36	-0.37	-0.38	-0.39	-0.40	-0.41	-0.42	-0.43	-0.44	-0.45	-0.46	-0.47	-0.48	-0.49	-0.50	-0.51	-0.52	-0.53	-0.54	-0.55	-0.56	-0.57	-0.58	-0.59	-0.60	-0.61	-0.62	-0.63	-0.64	-0.65	-0.66	-0.67	-0.68	-0.69	-0.70	-0.71	-0.72	-0.73	-0.74	-0.75	-0.76	-0.77	-0.78	-0.79	-0.80	-0.81	-0.82	-0.83	-0.84	-0.85	-0.86	-0.87	-0.												

• **Datasheet MAX6675**

12-02-20 (Rev. 1) 2/02

MAXIM

Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

General Description

The MAX6675 performs cold-junction compensation and digitizes the signal from a type-K thermocouple. The data is output in a 12-bit resolution, SPI™-compatible, read-only format.

This converter resolves temperatures to 0.25°C, allows readings as high as +1024°C, and exhibits thermocouple accuracy of 0.5LSBs for temperatures ranging from 0°C to +700°C.

The MAX6675 is available in a small, 8-pin SO package.

Features

- ♦ Direct Digital Conversion of Type-K Thermocouple Output
- ♦ Cold-Junction Compensation
- ♦ Simple SPI-Compatible Serial Interface
- ♦ 12-Bit, 0.25°C Resolution
- ♦ Open Thermocouple Detection

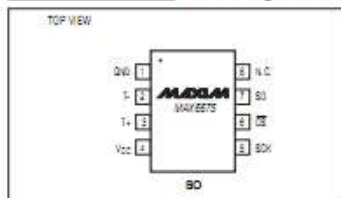
Ordering Information

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
MAX6675-SA	-20°C to +85°C	8 SO

Applications

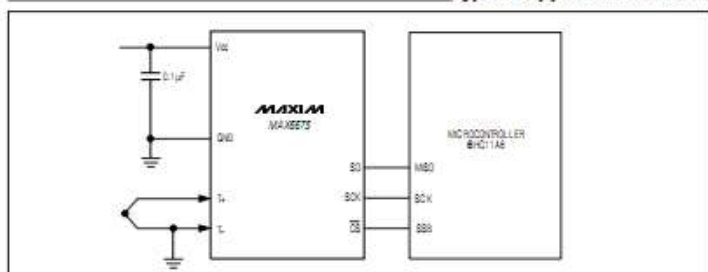
Industrial
Appliances
HVAC
Automotive

Pin Configuration



SPI is a trademark of Motorola, Inc.

Typical Application Circuit



MAXIM

Maxim Integrated Products 1

For pricing, delivery, and ordering information, please contact Maxim/Dallas Direct! at 1-888-629-4642, or visit Maxim's website at www.maxim-ic.com.

MAX6675

Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Supply Voltage (V_{CC} to GND)	-0.3V to +6V	Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
SO, SCK, CS, T ₊ , T ₋ to GND	-0.3V to V_{CC} + 0.3V	Junction Temperature	+150°C
SD Current	50mA	SD Package	
ESD Protection (Human Body Model)	±2000V	Vapor Phase (60s)	+215°C
Continuous Power Dissipation (T_A = +70°C)		Infrared (15s)	+220°C
8-Pin SO (derate 5.68mW/°C above +70°C)	471mW	Lead Temperature (soldering, 10s)	+300°C
Operating Temperature Range	-20°C to +85°C		

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(V_{CC} = +3.0V to +5.5V, T_A = -20°C to +85°C, unless otherwise noted. Typical values specified at +25°C.) (Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Temperature Error		THERMOCOUPLE = +700°C, T _A = +25°C (Note 2)	V _{CC} = +3.3V	-5		+5	LSB
			V _{CC} = +5V	-6		+6	
		THERMOCOUPLE = 0°C to +700°C, T _A = +25°C (Note 2)	V _{CC} = +3.3V	-8		+8	
			V _{CC} = +5V	-9		+9	
		THERMOCOUPLE = +700°C to +1000°C, T _A = +25°C (Note 2)	V _{CC} = +3.3V	-17		+17	
			V _{CC} = +5V	-19		+19	
Thermocouple Conversion Constant				10.25		μV/LSB	
Cold-Junction Compensation Error		T _A = -20°C to +85°C (Note 2)	V _{CC} = +3.3V	-3.0		+3.0	°C
			V _{CC} = +5V	-3.0		+3.0	
Resolution				0.25		°C	
Thermocouple Input Impedance				80		kΩ	
Supply Voltage	V _{CC}			3.0		5.5	V
Supply Current	I _{CC}				0.7	1.5	mA
Power-On Reset Threshold		V _{CC} rising		1	2	2.5	V
Power-On Reset Hysteresis					50		mV
Conversion Time		(Note 2)			0.17	0.22	s
SERIAL INTERFACE							
Input Low Voltage	V _{IL}					0.3 x V _{CC}	V
Input High Voltage	V _{IH}					0.7 x V _{CC}	V
Input Leakage Current	I _{LEAK}	V _{IN} = GND or V _{CC}				±5	μA
Input Capacitance	C _{IN}					5	pF

Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(V_{DD} = +3.0V to +5.5V, T_A = -20°C to +85°C, unless otherwise noted. Typical values specified at +25°C.) (Note 1)

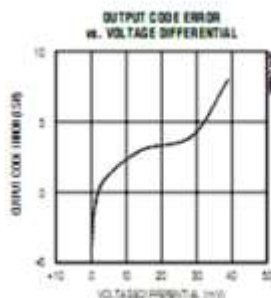
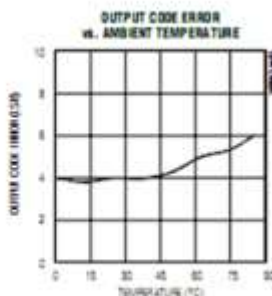
PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Output High Voltage	V _{OH}	I _{SOURCE} = 1.5mA	V _{DD} - 0.4			V
Output Low Voltage	V _{OL}	I _{SINK} = 1.5mA			0.4	V
TIMING						
Serial Clock Frequency	f _{CLK}			4.3		MHz
SCK Pulse High Width	t _{PH}		100			ns
SCK Pulse Low Width	t _{PL}		100			ns
CSB Fall to SCK Rise	t _{CSB}	C _L = 10pF	100			ns
CSB Fall to Output Enable	t _{OV}	C _L = 10pF		100		ns
CSB Rise to Output Disable	t _{IK}	C _L = 10pF		100		ns
SCK Fall to Output Data Valid	t _{OD}	C _L = 10pF		100		ns

Note 1: All specifications are 100% tested at T_A = +25°C. Specification limits over temperature (T_A = T_{MIN} to T_{MAX}) are guaranteed by design and characterization, not production tested.

Note 2: Guaranteed by design. Not production tested.

Typical Operating Characteristics

(V_{DD} = +3.3V, T_A = +25°C, unless otherwise noted.)



Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

Pin Description

PIN	NAME	FUNCTION
1	GND	Ground
2	T-	Alumel Lead of Type-K Thermocouple. Should be connected to ground externally.
3	T+	Chromel Lead of Type-K Thermocouple
4	VCC	Positive Supply. Bypass with a 0.1µF capacitor to GND.
5	SCK	Serial Clock Input
6	CS	Chip Select. Set CS low to enable the serial interface.
7	SD	Serial Data Output
8	N.C.	No Connection

Detailed Description

The MAX6675 is a sophisticated thermocouple-to-digital converter with a built-in 12-bit analog-to-digital converter (ADC). The MAX6675 also contains cold-junction compensation sensing and correction, a digital controller, an SPI-compatible interface, and associated control logic.

The MAX6675 is designed to work in conjunction with an external microcontroller (µC) or other intelligence in thermostatic, process-control, or monitoring applications.

Temperature Conversion

The MAX6675 includes signal-conditioning hardware to convert the thermocouple's signal into a voltage compatible with the input channels of the ADC. The T+ and T- inputs connect to internal circuitry that reduces the introduction of noise errors from the thermocouple wires.

Before converting the thermoelectric voltages into equivalent temperature values, it is necessary to compensate for the difference between the thermocouple cold-junction side (MAX6675 ambient temperature) and a 0°C virtual reference. For a type-K thermocouple, the voltage changes by 41µV/°C, which approximates the thermocouple characteristic with the following linear equation:

$$V_{OUT} = (41\mu V / ^\circ C) \times (T_A - T_{AMB})$$

Where:

V_{OUT} is the thermocouple output voltage (µV).

T_A is the temperature of the remote thermocouple junction (°C).

T_{AMB} is the ambient temperature (°C).

Cold-Junction Compensation

The function of the thermocouple is to sense a difference in temperature between two ends of the thermocouple wires. The thermocouple's hot junction can be read from 0°C to +1023.75°C. The cold end (ambient temperature of the board on which the MAX6675 is mounted) can only range from -20°C to +85°C. While the temperature at the cold end fluctuates, the MAX6675 continues to accurately sense the temperature difference at the opposite end.

The MAX6675 senses and corrects for the changes in the ambient temperature with cold-junction compensation. The device converts the ambient temperature reading into a voltage using a temperature-sensing diode. To make the actual thermocouple temperature measurement, the MAX6675 measures the voltage from the thermocouple's output and from the sensing diode. The device's internal circuitry passes the diode's voltage (sensing ambient temperature) and thermocouple voltage (sensing remote temperature minus ambient temperature) to the conversion function stored in the ADC to calculate the thermocouple's hot-junction temperature.

Optimal performance from the MAX6675 is achieved when the thermocouple cold junction and the MAX6675 are at the same temperature. Avoid placing heat-generating devices or components near the MAX6675 because this may produce cold-junction-related errors.

Digitization

The ADC adds the cold-junction diode measurement with the amplified thermocouple voltage and reads out the 12-bit result onto the SD pin. A sequence of all zeros means the thermocouple reading is 0°C. A sequence of all ones means the thermocouple reading is +1023.75°C.

LISTING PROGRAM

```
#include <mega8535.h>
#include <delay.h>
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

// Alphanumeric LCD functions
#include <alcd.h>

// SPI functions
#include <spi.h>

// Declare your global variables here

void main(void)
{
// Declare your local variables here
char lcd_buffer[33];
char lcd_buffer1[33];
unsigned result;
int i=0;
// Input/Output Ports initialization
// Port A initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In
Func1=In Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T
State1=T State0=T
PORTA=0x00;
DDRA=0x00;

// Port B initialization
// Func7=Out Func6=In Func5=Out Func4=Out Func3=In
Func2=Out Func1=Out Func0=Out
// State7=0 State6=T State5=0 State4=0 State3=T State2=1
State1=1 State0=1
PORTB=0x05;
```

LAMPIRAN C

```
DDRB=0xB7;
```

```
// Port C initialization
// Func7=Out Func6=Out Func5=Out Func4=Out Func3=Out
Func2=Out Func1=Out Func0=Out
// State7=0 State6=0 State5=0 State4=0 State3=0 State2=0
State1=0 State0=0
PORTC=0x00;
DDRC=0xFF;
```

```
// Port D initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In
Func1=In Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T
State1=T State0=T
PORTD=0x00;
DDRD=0x00;
```

```
// Timer/Counter 0 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer 0 Stopped
// Mode: Normal top=0xFF
// OC0 output: Disconnected
TCCR0=0x00;
TCNT0=0x00;
OCR0=0x00;
```

```
// Timer/Counter 1 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer1 Stopped
// Mode: Normal top=0xFFFF
// OC1A output: Discon.
// OC1B output: Discon.
// Noise Canceler: Off
// Input Capture on Falling Edge
// Timer1 Overflow Interrupt: Off
```

LAMPIRAN C

```
// Input Capture Interrupt: Off
// Compare A Match Interrupt: Off
// Compare B Match Interrupt: Off
TCCR1A=0x00;
TCCR1B=0x00;
TCNT1H=0x00;
TCNT1L=0x00;
ICR1H=0x00;
ICR1L=0x00;
OCR1AH=0x00;
OCR1AL=0x00;
OCR1BH=0x00;
OCR1BL=0x00;

// Timer/Counter 2 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer2 Stopped
// Mode: Normal top=0xFF
// OC2 output: Disconnected
ASSR=0x00;
TCCR2=0x00;
TCNT2=0x00;
OCR2=0x00;

// External Interrupt(s) initialization
// INT0: Off
// INT1: Off
// INT2: Off
MCUCR=0x00;
MCUCSR=0x00;

// Timer(s)/Counter(s) Interrupt(s) initialization
TIMSK=0x00;

// USART initialization
// USART disabled
```

LAMPIRAN C

```
UCSRB=0x00;
```

```
// Analog Comparator initialization
```

```
// Analog Comparator: Off
```

```
// Analog Comparator Input Capture by Timer/Counter 1: Off
```

```
ACSR=0x80;
```

```
SFIOR=0x00;
```

```
// ADC initialization
```

```
// ADC disabled
```

```
ADCSRA=0x00;
```

```
// SPI initialization
```

```
// SPI Type: Master
```

```
// SPI Clock Rate: 2000.000 kHz
```

```
// SPI Clock Phase: Cycle Start
```

```
// SPI Clock Polarity: Low
```

```
// SPI Data Order: MSB First
```

```
SPCR=0x50;
```

```
SPSR=0x00;
```

```
// TWI initialization
```

```
// TWI disabled
```

```
TWCR=0x00;
```

```
// Alphanumeric LCD initialization
```

```
// Connections are specified in the
```

```
// Project|Configure|C Compiler|Libraries|Alphanumeric LCD  
menu:
```

```
// RS - PORTC Bit 0
```

```
// RD - PORTC Bit 1
```

```
// EN - PORTC Bit 2
```

```
// D4 - PORTC Bit 4
```

```
// D5 - PORTC Bit 5
```

```
// D6 - PORTC Bit 6
```

```
// D7 - PORTC Bit 7
```

LAMPIRAN C

```
// Characters/line: 16
lcd_init(16);

while (1)
{
    PORTB.5 = 0;
    PORTB.4=0;
    result=(unsigned) spi(0)<<8;
    /* read the LSB using SPI and combine with MSB */
    result|=spi(0);
    PORTB.4=1;
    sprintf(lcd_buffer,"Uadc=%4umV",result);
    lcd_clear();
    lcd_gotoxy(0,0);
    lcd_puts(lcd_buffer);
    /* calculate the voltage in [mV] */
    result=(unsigned) (((unsigned long) result*5000)/4096L);
    sprintf(lcd_buffer,"Uadc=%4u.%u
%cC",result/40,(result%40),0xDF);
    //lcd_clear();
    lcd_gotoxy(0,1);
    lcd_puts(lcd_buffer);
    delay_ms(100);

    if ( PINB.3 == 1 && result/40 <60 ) // INPUT DARI MIKRO
7
    { PORTB.0 = 0 ; // HEATER 2 ON
      i = 1;
    }
    if ( PINB.3 == 1 && result/40 > 65 ) // INPUT DARI MIKRO
7
    { PORTB.0 = 1 ; // HEATER 2 OFF
      i = 1;
    }
    if ( PINB.3 == 0 && i == 1) // INPUT DARI MIKRO 7 OFF
    { PORTB.0 = 1; // HEATER 4 OFF LOCK
```

LAMPIRAN C

```
    PORTB.1 = 1;    // KE SOLENOID 5 ATAU INPUT KE  
    MIKRO 5  
    }  
  
    }  
}
```

BIODATA PENULIS



Nama Lengkap penulis Atika Diyanasari yang dilahirkan di Kota Lumajang pada tanggal 5 Januari 1997 dari Ayah bernama Imam Bachtiar Hidayat, SP dan Ibu bernama Dra. Ermin Susilaningtyas. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Saat ini penulis tinggal di Jalan Bratang Gede III H No. 26 Surabaya. Pada tahun 2008, penulis telah menyelesaikan pendidikannya di SDN Barata Jaya Jl. Baratajaya VIII / 43 Surabaya. Kemudian pada tahun 2011 penulis telah menyelesaikan pendidikan

tingkat menengah pertama di SMPN 39 Surabaya. Tahun 2014 berhasil menyelesaikan pendidikan tingkat menengah atas di SMAS KHADIJAH Surabaya dan melanjutkan studi di Departemen Teknik Instrumentasi FV-ITS. Pada tahun 2017 ini, penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **“RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN TEMPERATURE DALAM PROSES PEMURNIAN PADA MINI PLAN BIODIESEL DI WORKSHOP INSTRUMENTASI”**. Bagi pembaca yang memiliki kritik, saran atau ingin berdiskusi lebih lanjut mengenai Tugas Akhir maka dapat menghubungi penulis melalui email meatika@gmail.com.